

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



Г.В. Сакаш

подпись инициалы, фамилия

« 11 » 06 20 18 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 Строительство

08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение

«Инженерно-техническое обеспечение  
туристско-рекреационной зоны заповедника «Столбы».  
Расчет систем водоотведения поверхностных сточных вод  
рекреационной зоны заповедника «Столбы»

Руководитель



подпись, дата

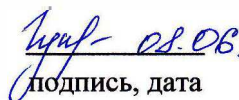
канд.техн.наук, доцент

должность, ученая степень

О.Г. Дубровская

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Е.Д. Гуненко

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г.В. Сакаш  
подпись инициалы, фамилия

« 11 » 06 20 18 г.


**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 Строительство

08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение

«Инженерно-техническое обеспечение  
туристско-рекреационной зоны заповедника «Столбы».  
Расчет систем водоотведения поверхностных сточных вод  
рекреационной зоны заповедника «Столбы»

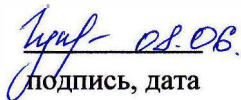
Руководитель

  
подпись, дата

канд.техн.наук, доцент  
должность, ученая степень

О.Г. Дубровская  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Е.Д. Гуненко  
инициалы, фамилия

Красноярск 2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Инженерно – техническое обеспечение туристско-рекреационной зоны заповедника «Столбы». Расчет систем водоотведения хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод рекреационной зоны заповедника «Столбы» содержит 86 страниц текстового документа, 8 листов графического материала, 31 использованный источник.

ЗАПОВЕДНИК СТОЛБЫ, ВОДООТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ЛОКАЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОТСТОЙНИК, СОРБЦИОННЫЕ ФИЛЬТРЫ, БИОРЕАКТОР, ЕРШОВАЯ ЗАГРУЗКА, УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ УСТАНОВКА С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА, ОБОРОТНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.

Объект ВКР – поверхностные и хозяйственно-бытовые сточные воды, образующиеся на территории государственного природного заповедника «Столбы».

Цель работы – оценка эффективности существующих систем водоотведения, определение экологической нагрузки на природные комплексы, вызванные деятельностью человека, и создание эффективной технологической схемы очистки с применением высокотехнологичного оборудования.

Задачи БР:

- проведение анализа существующих систем водоотведения на территории заповедной зоны;
- анализ качественного и количественного состава поверхностных и хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистку;
- разработка технологической схемы очистки систем поверхностного и объединенного поверхностного и хозяйственно-бытового водоотведения;
- расчет и подбор аппаратного оформления локальных очистных сооружений для каждого типа стоков;
- проведение эколого-экономического обоснования предлагаемой технологии.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью снижения рекреационной нагрузки на природные экосистемы, в том числе, на исключение экологической угрозы от всех видов сточных вод, а также реализацией проекта со сложным природным рельефом в условиях особо охраняемых территорий.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Общие сведения.....	7
1.1 Описание территории государственного заповедника «Столбы» .....	7
1.2 Существующая система водоотведения поверхностных и хозяйственно-бытовых сточных вод.....	9
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Исходные данные для расчета систем водоотведения визит-центра .....	10
2.1.1 Расчет системы хозяйственно-бытового водоотведения.....	10
2.1.1.1 Определение расчётной массовой концентрации загрязнений хозяйственно-бытовых сточных вод .....	12
2.1.1.2 Система канализации визит-центра.....	13
2.1.1.3 Расчет внутренней канализационной сети .....	14
2.1.1.4 Расчет и построение дворовой сети канализации .....	18
2.1.2 Расчет системы поверхностного водоотведения .....	18
2.1.2.1 Определение среднегодовых объемов поверхностного стока .	19
2.1.2.2 Определение расчетных расходов поверхностного стока при отведении в водосборные каналы .....	20
2.1.2.3 Определение расчетных объемов поверхностного стока при отведении на очистку.....	23
2.1.2.4 Технологическая схема очистки поверхностного стока, поступающего на локальные очистные сооружения визит-центра.....	24
2.1.2.5 Расчет многоканального усреднителя с различной длиной каналов.....	27
2.1.2.6 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем .....	28
2.1.2.7 Расчет сорбционного фильтра с двухслойной загрузкой с восходящим потоком воды .....	31
2.1.2.8 Расчет биореактора с ершовой загрузкой.....	36
2.1.2.9 Расчет сорбционного напорного фильтра с загрузкой МТМ ...	42

2.1.2.10 Бактерицидная установка обеззараживания сточных вод ультрафиолетом с применением ультразвука «Лазурь М-5» .....	45
2.1.2.11 Расчет дополнительного оборудования .....	48
2.1.2.11.1 Аккумулирующая емкость .....	48
2.1.2.11.2 Расчет шламоуплотнителя .....	48
2.1.2.11.3 Расчет резервуара промывной воды .....	49
2.1.2.11.4 Резервуар-накопитель .....	49
2.1.2.11.5 Подбор насосного оборудования .....	49
2.1.2.12 Система оборотного водоснабжения .....	51
2.2 Исходные данные для расчета систем водоотведения научно-познавательного комплекса «Нарым» .....	52
2.2.1 Расчет хозяйственно-бытовой системы водоотведения .....	53
2.2.2 Расчет системы поверхностного водоотведения .....	54
2.2.3 Определение среднегодовых объемов поверхностного стока .....	54
2.2.4 Определение расчетных расходов поверхностного стока при отведении в водосборные каналы .....	55
2.2.5 Определение расчетных объемов поверхностного стока при отведении на очистку .....	56
2.2.6 Определение расчётной массовой концентрации загрязнений в общесплавной системе локальных очистных сооружений .....	57
2.2.7 Описание технологии очистки .....	59
2.2.8 Камера гашения .....	59
2.2.9 Расчет многоканального усреднителя с различной длиной каналов ..	60
2.2.10 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем .....	60
2.2.11 Расчет сорбционного фильтра с двухслойной загрузкой с восходящим потоком воды .....	61
2.2.12 Расчет биореактора с ершовой загрузкой .....	64
2.2.13 Расчет сорбционного напорного фильтра с загрузкой МТМ .....	67
2.2.14 Бактерицидная установка обеззараживания сточных вод ультрафиолетом с применением ультразвука «Лазурь М-3» .....	68

2.2.15 Расчет дополнительного оборудования.....	69
2.2.15.1 Аккумулирующая емкость .....	69
2.2.15.2 Расчет шламоуплотнителя.....	69
2.2.15.3 Резервуар промывной воды.....	70
2.2.15.4 Резервуар - накопитель .....	70
2.2.15.5 Подбор насосного оборудования .....	70
3 Эколого-экономическое обоснование внедрения технологии оборотного водопользования.....	72
3.1 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с территории главной туристической тропы заповедника «Столбы» .....	72
3.2.1 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с территории научно-познавательного комплекса Нарым .....	76
3.2.2 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых сточных вод на территории научно-познавательного комплекса Нарым .....	78
4 Технология прокладки водоотводящих лотков .....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	84

## ВВЕДЕНИЕ

Государственный заповедник «Столбы» является одним из самых посещаемых заповедников в мире. Это обусловлено, прежде всего, уникальностью его расположения, в том числе транспортной доступностью и непосредственной близостью к городу-миллионнику. По данным официального сайта заповедника, ежегодно туристско-экскурсионный район посещают более 500 тысяч человек, и с каждым годом эта цифра увеличивается. Несмотря на принимаемые меры по предотвращению деградации природных комплексов, такая тенденция приводит к возрастающей нагрузке на существующие экосистемы.

Составной частью решения указанной проблемы является инженерно-техническое обеспечение главной туристической тропы и территории научно-познавательного комплекса «Нарым», испытывающих наибольшее негативное воздействие от деятельности человека.

В проекте рассмотрен вопрос об инженерно-техническом обеспечении системы хозяйственно-бытового водоотведения проектируемого визит-центра. Проектом также предусмотрено проектирование системы поверхностного водоотвода с последующей очисткой загрязненного стока на локальных очистных сооружениях. В научно-познавательном комплексе Нарым, расположенном на территории заповедника, также предусматривается сбор и очистка объединенного поверхностного и хозяйственно-бытового стока с последующим использованием очищенного стока на технические нужды заповедника.

Прежде всего, это позволит предотвратить загрязнение поверхностных и подземных водоисточников, расположенных вдоль главной туристической тропы, а также снизить последствия водной эрозии в существующем месте сброса поверхностных сточных вод на рельеф. Создание оборотной системы водопользования позволит повторно использовать очищенный сток на технические нужды заповедника и в качестве возвратных вод для поддержания баланса источника.

Актуальность исследований, направленных на разработку и внедрение технологической схемы очистки сточных вод, образующихся на территории государственного заповедника «Столбы», обусловлена необходимостью снижения рекреационной нагрузки на природные экосистемы и реализацией проекта со сложным природным рельефом в условиях особо охраняемых территорий.

Проект направлен на сохранение уникальной среды заповедника, а именно, на исключение экологической угрозы от всех видов сточных вод путем компоновки технологической схемы очистки с применением высокоэффективного оборудования. Создание замкнутых систем водопользования, в свою очередь, обеспечит рациональное использование имеющихся ресурсов и снизит экологическую нагрузку на существующие природные комплексы, что в условиях особо охраняемых территорий имеет решающее значение.



## **1 Общие сведения**

### **1.1 Описание территории государственного заповедника «Столбы»**

В соответствии с климатическим районированием заповедник «Столбы» расположен в области умеренного климатического пояса, на стыке двух областей – Восточно-Сибирской и Западно-Сибирской, подверженной влиянию северо-атлантических зимних циклонов.

Общая площадь заповедной территории составляет 47 219 га. Территория вытянута на 34 км с северо-запада на юго-восток и представляет собой участок среднегорного таежного ландшафта. Предельная высота от 200 до 840 м над уровнем моря. Самая высокая точка находится на Кайдынском хребте. Северной границей заповедника является река Енисей, северо-восточной – река Базаиха, южной – река Мана.

Климат района резко континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким жарким летом. Продолжительность зимнего периода составляет 8 месяцев – с октября по май. Среднегодовая температура воздуха – 0,5 °С. Средняя температура наиболее холодных месяцев – декабрь, январь, февраль – составляет -22 °С. Устойчивый снежный покров образуется в начале октября. Разрушение снежного покрова начинается в конце марта и заканчивается к середине апреля. Глубина сезонного промерзания – 2,8 м. 78 % осадков выпадает в теплое время года (4-9 месяцы). Преобладающие направления ветров - юго-западные и западные.

Территория заповедника "Столбы" имеет хорошо развитую сеть водотоков (0,63 км/км<sup>2</sup>), общая протяженность которых составляет более 300 километров. Она группируется в четыре различных по площади водосборных бассейна: Маны, Базаихи, Большой Слизневой и Енисея. Самую многочисленную группу водоемов представляют малые ручьи и родники – их протяженность около 2 км, падение составляет 70-180 м на 1 км. Их долины не разработаны и представляют собой распадки каньонообразного типа.

Условно территорию заповедника можно поделить на три зоны: туристско-экскурсионный район, открытый для посещения туристами, буферную зону заповедника и территорию полной заповедности.

Туристско-экскурсионный район (ТЭР) государственного заповедника «Столбы» расположен в ближайшей к городу части в двух километрах от улицы Свердловская (федеральная трасса М-54). На ТЭР приходится самая большая рекреационная нагрузка. В силу природных особенностей и рекреационных традиций нагрузка по территории распределяется в основном линейно вдоль троп.

В буферной зоне запрещено проведение массовых экскурсий, посещение территории людьми регламентируется администрацией заповедника. Состояние растительности, за исключением отдельных участков, здесь близко к естественному. Поврежденная площадь невелика.

Зона строгого заповедного режима в настоящее время антропогенных нагрузок, как правило, не испытывает.

В целом рекреационное влияние затрагивает менее 3% всей площади заповедника. На остальной его территории экосистемы представлены в их естественном виде.

Другим антропогенным фактором, затрагивающим все природные комплексы, является общее техногенное загрязнение. Однако, несмотря на непосредственную близость заповедника к промышленному центру с ежегодными выбросами в атмосферу до 200 тыс. тонн загрязняющих веществ, в целом состояние его охраняемых природных комплексов можно охарактеризовать еще как удовлетворительное. Такой феномен обусловлен значительным (порядка 550–650 м) превышением большей части территории заповедника над городом и благоприятным направлением розы ветров [1].

## **1.2 Существующая система водоотведения поверхностных и хозяйственно-бытовых сточных вод**

Рассматриваемая для проектирования территория имеет сложный природный рельеф. Вследствие существенных перепадов высотных отметок, а, следовательно, значительного увеличения скорости потока в период дождей на территории туристической тропы, дорожное полотно разрушается в достаточно короткие сроки. Кроме того, поверхностный сток препятствует комфортному передвижению туристов по территории заповедной зоны. Передвижение служебного автотранспорта влечет за собой загрязнение территории нефтью и нефтепродуктами; вымываемые с территории лесного массива соли, песчаные и глинистые частицы, которые затем попадают в систему водоотведения поверхностного стока, в настоящее время сбрасываются на рельеф, что приводит к эрозии и загрязнению почв и водных объектов.

При обследовании территории заповедника вдоль главной туристической тропы была обнаружена ливневая канализация, состояние которой характеризуется как неудовлетворительное. Боковые стенки бетонных водоотводящих лотков подвержены коррозии и биообрастанию, на отдельных участках сети система поверхностного водоотведения отсутствует полностью, что, соответственно, вызывает необходимость обустройства указанных территорий.

Существующая система канализования, расположенная вдоль туристической тропы и на территории комплекса, представлена в виде септиков без проведения откачки содержимого с последующим консервированием. При таком способе консервации невозможно обеспечить полную герметичность, что влияет на химический и микробиологический состав подземных водных объектов.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Исходные данные для расчета систем водоотведения визит-центра

Протяженность тропы от кордона Перевал до кордона Лалетино	4,3 км
Переходный вид дорожной одежды	2,8 км
Облегченный вид дорожной одежды	1,5 км
Протяженность тропы от кордона Лалетино до ул. Свердловская	2,1 км
Средняя ширина проезжей части	3,5 м
Общая площадь проектирования	2,83 га
Общая площадь асфальтобетонных поверхностей	1,26 га
Общая площадь гравийных поверхностей	1,1 га
Общая площадь грунтовых поверхностей	0,47 га
Расчетная длина участков канала	6400 м
Средний уклон местности	0,064
Интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 минут при $P=1$	70 л/с на 1 га
Показатель степени, характеризующий изменение расчетной интенсивности дождя во времени	0,6
Среднее количество дождей за год.....	90
Показатель степени.....	1,54

#### 2.1.1 Расчет системы хозяйственно-бытового водоотведения

Проектом предусмотрено строительство визит-центра, проходимость которого составляет 950 человек в день. Согласно проекту на первом этаже здания расположено три санузла (мужской, женский и для маломобильных групп населения), а также комната уборочного инвентаря. Общее количество санитарно-технических приборов – 15 шт.

Расчетный суточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от посетителей визит-центра:

$$Q_{ср.сут.} = \frac{q_в \cdot N}{1000}, \quad (2.1)$$

где  $q_в$  – удельная норма водоотведения, 8 л/сут;

$N$  – количество прибывающих людей, чел.

$$Q_{ср.сут.} = \frac{8 \cdot 950}{1000} = 7,6 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Максимальный и минимальный требуемый расход определяется по формулам

$$Q_{сут. max} = K_{сут. max} \cdot Q_{ср.сут.}, \quad (2.2)$$

$$Q_{сут. min} = K_{сут. min} \cdot Q_{ср.сут.}, \quad (2.3)$$

где  $K_{сут. max}$  и  $K_{сут. min}$  – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням. Принимаются равными соответственно  $K_{сут. max} = 1,1$ ;  $K_{сут. min} = 0,8$ .

$$Q_{сут. max} = 1,1 \cdot 7,6 = 8,4 \text{ м}^3 / \text{сут.},$$

$$Q_{сут. min} = 0,8 \cdot 7,6 = 6,1 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Для очистки хозяйственно-бытового стока производится подбор типовой локальной очистной станции производителя ГК «Эколог», модель ЛОС-Р-10 [3]. Производительность станции составляет 10 м<sup>3</sup>/сут. Габаритные размеры представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Габаритные размеры ЛОС-Р-10

Наименование	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес пустого, т
ЛОС- Р-10	5840	1400	2550	4,3

Таблица 2. 2– Степень очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Концентрации загрязняющих веществ на выходе:	
Взвешенные вещества, $мг/дм^3$	3
БПК <sub>полн</sub> , $мг/дм^3$	3
Азот аммонийных солей, $мг/дм^3$	0,4
Фосфор фосфатный, $мг/дм^3$	0,2
ПАВ, $мг/дм^3$	0,1
Азот нитритный, $мг/дм^3$	0,02
Азот нитратный, $мг/дм^3$	9,58

### 2.1.1.1 Определение расчётной массовой концентрации загрязнений хозяйственно-бытовых сточных вод

Показатели качества сточной воды, рассчитываются исходя из нормы на одного человека, принимаемой по [2].

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод определяется по формуле

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_{\text{в}}}, \text{ мг / л,} \quad (2.4)$$

где  $a$  – количество загрязнений поступающих от одного человек,  $г / чел \cdot сут$ ;

$q_{\text{в}}$  – норма водоотведения,  $л / чел \cdot сут$ .

Результаты расчетов представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Показатели качества хозяйственно-бытовых сточных вод при удельной норме водоотведения 8 л/сут на человека

Показатели	$a$ , $г/чел \cdot сут$	$C_i$ , $мг/дм^3$
Взвешенные вещества	65	3375
БПК <sub>полн</sub>	75	3906,3
Азот аммонийных солей	8	412,5
Фосфаты	3,3	175
Хлориды	9	468,8
СПАВ	2,5	125
Общие колиформные бактерии (ОКБ), $ед/дм^3$	8	7880

### 2.1.1.2 Система канализации визит-центра

Система канализации проектируется в соответствии с [2].

Система канализации – самотечная, с выпуском в наружную канализационную сеть с последующей очисткой на локальных очистных сооружениях. В перспективе расширения границ г. Красноярска возможно присоединение к городской канализационной сети.

Диаметр труб принимается конструктивно по наибольшему диаметру выпускной горловины водоприемного прибора.

Для обеспечения вентиляции системы канализования на каждом стояке предусмотрен вентиляционный клапан с площадью живого сечения воздушного потока  $A = 3170 \text{ мм}^2$ , устанавливаемый в верхней части стояка и пропускает воздух только в одном направлении – в стояк, который не выводится выше кровли здания.

На сетях внутренней канализации предусматривается установка ревизий и прочисток в начале участков отводных труб, на поворотах сети и на длинных горизонтальных участках.

Трубопроводы крепят при помощи металлических хомутов под перекрытием пола первого этажа.

Для предотвращения промерзания трубопроводов необходимо предусмотреть теплоизоляцию, а так же греющий саморегулирующий кабель  $40 \text{ Вт} \cdot \text{м}$  длиной 10 м для выпуска канализационной сети.

Материал трубопроводов:

1) для внутренней канализации и выпуска – «Трубы и фасонные части из полиэтилена для систем внутренней канализации. Технические условия» ГОСТ 22689-2014;

2) для наружной канализации – «Трубы чугунные канализационные и фасонные части к ним. Технические условия». ГОСТ 6942-98.

### 2.1.1.3 Расчет внутренней канализационной сети

Система внутренней канализации должны обеспечивать нормальное водоотведение расчетных расходов сточных вод.

Расчетный секундный расход сточных вод на участках канализационной сети определяется по формуле

$$q^s = q^{tot} + q_o^s, \text{ л/с}, \quad (2.5)$$

где  $q^{tot}$  – общий расход горячей и холодной воды на участке, л/с;

$q_o^s$  – нормативный расход стоков на участке сети, принимается по приложению А [2], л/с.

Вероятность действия водоприемника определяется по формуле

$$P^{tot} = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{3600 \cdot q_o^{tot} \cdot N}, \quad (2.6)$$

где  $q_{hr,u}^{tot}$  – норма расход воды (горячей и холодной) в час наибольшего водопотребления, зависящий от типа водопотребителя, л, определяется по приложению А [2];

$U$  – количество посетителей, чел.;

$q_o^{tot}$  – секундный расход воды прибора с наибольшим водопотреблением, принимается по приложению А [2], л/с;

$N$  – количество приборов в здании, шт.

Максимальный общий секундный расход стоков на участке:

$$q^{tot} = 5 \cdot q_o^{tot} \cdot \alpha, \text{ л/с}, \quad (2.7)$$

где  $q_o^{tot}$  – то же, что и в формуле 2.6;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от числа санитарно-технических приборов  $P$  и вероятности их действия  $N$  по приложению Б [2].

Гидравлический расчет канализационных трубопроводов производится по [2], назначая скорость движения жидкости  $V$ , м/с, и наполнение  $h/d$  таким образом, чтобы было выполнено условие:



$$V\sqrt{\frac{h}{d}} \geq K, \quad (2.8)$$

где  $K = 0,5$  – для трубопроводов с использованием труб из полимерных материалов;

$V$  – скорость движения жидкости, м/с;

$h/d$  – наполнение трубопровода.

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов — 0,3-0,6. Результаты гидравлического расчета системы водоотведения сводим в таблицы 2.4-2.7.

Трубопровод самотечной системы водоотведения монтируется из полипропиленовых раструбных труб с направлением раструбов против движения сточных вод.

Таблица 2.4 – Гидравлический расчет системы водоотведения

№ уч.	l, м	N пр.	$q_{\text{hru}}^{\text{tot}}, \text{ л/ч}$	$q_0^{\text{tot}}, \text{ л/с}$	U	P	NP	a	$q_{\text{tot}}, \text{ л/с}$	$q_0^s, \text{ л/с}$	$q_s, \text{ л/с}$	d, мм	h/d	V, м/с	i
1-2	1,3	1	0,9	0,12	10	0,021	0,021	0,217	0,130	0,15	0,28	50	0,23	0,81	0,100
2-3	0,57	2	0,9	0,12	10	0,010	0,021	0,217	0,130	1,6	1,73	110	0,35	0,7	0,018
3-4	1,16	3	0,9	0,12	480	0,333	1,000	0,59	0,354	1,6	1,95	110	0,38	0,73	0,018
4-5	0,5	4	0,9	0,12	480	0,250	1,000	0,72	0,432	1,6	2,03	100	0,38	0,73	0,018
5-6	0,32	5	0,9	0,12	480	0,200	1,000	0,79	0,474	1,6	2,07	110	-	-	-
6-7	1,31	5	0,9	0,12	480	0,200	1,000	0,79	0,474	1,6	2,07	110	0,39	0,74	0,018
7-8	3,13	6	0,9	0,12	480	0,167	1,000	0,84	0,504	1,6	2,10	110	0,39	0,74	0,018
8-9	1,84	17	0,9	0,12	950	0,116	1,979	1,38	0,828	1,6	2,43	110	0,42	0,77	0,018
9-10	1,02	18	0,9	0,12	950	0,110	1,979	1,38	0,828	1,6	2,43	110	0,42	0,77	0,018
10-11		21	0,9	0,15	951	0,075	1,585	1,25	0,938	1,6	2,54	110	-	-	-
11-K1-1		21	0,9	0,15	951	0,075	1,585	1,25	0,938	1,6	2,54	110	0,43	0,78	0,018

Таблица 2.5 – Гидравлический расчет Ст. К1-2

№ уч.	l, м	N, пр.	$q_{\text{hru}}^{\text{tot}}, \text{ л/ч}$	$q_0^{\text{tot}}, \text{ л/с}$	U	P	NP	a	$q_{\text{tot}}, \text{ л/с}$	$q_0^s, \text{ л/с}$	$q_s, \text{ л/с}$	d, мм	h/d	V, м/с	i
1a-2a	0,32	1	0,9	0,12	470	0,979	0,979	0,200	0,120	0,15	0,27	50	0,23	0,81	0,100
2a-3a	0,69	2	0,9	0,12	940	0,979	1,958	0,400	0,240	0,15	0,39	50	0,33	0,7	0,050
3a-4a	0,69	4	0,9	0,12	940	0,490	1,958	0,800	0,480	0,15	0,63	50	0,45	0,74	0,040
4a-5a	1,13	6	0,9	0,12	940	0,326	1,958	1,05	0,630	0,15	0,78	50	0,51	0,78	0,040
5a-6a	1,18	8	0,9	0,12	940	0,245	1,958	1,17	0,702	1,6	2,30	110	0,41	0,76	0,018
6a-7a	1,18	10	0,9	0,12	940	0,196	1,958	1,24	0,744	1,6	2,34	110	0,41	0,76	0,018
7a-8'	0,3	11	0,9	0,12	940	0,178	1,958	1,27	0,762	1,6	2,36	110	0,41	0,76	0,018
8'-8	0,76	11	0,9	0,12	940	0,178	1,958	1,27	0,762	1,6	2,36	110	-	-	-

Таблица 2.6 – Гидравлический расчет Ст. К1-3

№ уч.	l, м	N, пр.	$q_{\text{hru}}^{\text{tot}}, \text{ л/ч}$	$q_0^{\text{tot}}, \text{ л/с}$	U	P	NP	a	$q_{\text{tot}}, \text{ л/с}$	$q_0^s, \text{ л/с}$	$q_s, \text{ л/с}$	d, мм	h/d	V, м/с	i
16-26	1,65	1	0,9	0,12	1	0,0021	0,0021	0,2	0,12	0,15	0,27	50	0,23	0,81	0,100
26-36	1,3	2	0,9	0,15	1	0,0008	0,0017	0,2	0,15	0,3	0,45	50	0,35	0,73	0,050
36-46	0,51	2	0,9	0,15	1	0,0008	0,0017	0,2	0,15	0,3	0,45	50	-	-	-
46-10'	0,25	3	0,9	0,15	1	0,0006	0,0017	0,2	0,15	0,3	0,45	50	-	-	-
10'-10	5,0	3	0,9	0,15	1	0,001	0,002	0,2	0,15	0,3	0,45	50	0,35	0,73	0,050

Таблица 2.7 – Гидравлический расчет трапов

№ уч.	l, м	N пр.	$q_0^s, \text{ л/с}$	$q_s, \text{ л/с}$	d, мм	h/d	V, м/с	i
5'-5	2,64	1	0,7	0,7	50	0,48	0,76	0,04
7'-7	1,94	1	0,7	0,7	50	0,48	0,76	0,04
9'-9	3,47	1	0,7	0,7	50	0,48	0,76	0,04
46'-46	1,28	1	0,7	0,7	50	0,48	0,76	0,04
5'-5	2,64	1	0,7	0,7	50	0,48	0,76	0,04

### 2.1.1.4 Расчет и построение дворовой сети канализации

Глубина заложения трубопровода в зоне выпуска из здания определяется по формуле

$$\nabla_{\text{выпуска}} = \nabla_{\text{земли}} - h_{\text{пр}} + 0,3, \text{ м}, \quad (2.9)$$

где  $\nabla_{\text{земли}}$  – отметка земли у здания, м;

$h_{\text{пр}}$  – сезонная глубина промерзания, м.

$$\nabla_{\text{выпуска}} = 168,5 - 2,8 + 0,3 = 166 \text{ м}.$$

Расчет отметок наружной канализационной сети приводится в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Расчет отметок наружной канализации

№ уч-ка	$l, \text{ м}$	$q, \text{ л/с}$	$d, \text{ мм}$	$i$	$i \cdot l$	Отметка земли, м		Отметка лотка, м		Глубина заложения, м	
						начало	конец	начало	конец	начало	конец
11-к1-1	5,22	2,54	110	0,018	0,09	168,5	168,5	166,00	165,91	2,50	2,59
к1-1 - ЛОС	45,4	2,54	125	0,015	0,68	168,5	168,5	165,89	165,21	2,61	3,29

### 2.1.2 Расчет системы поверхностного водоотведения

С территории заповедника производят сбор поверхностного стока, в том числе с асфальтированной тропы, грунтовых площадок, расположенных на кордонах Лалетино, 2-ая Поперечная и Перевал. Также производится сбор поверхностного стока с кровель зданий и сооружений, расположенных вдоль главной туристической тропы, и в проектируемом визит-центре.

Сбор поверхностного стока осуществляется в реконструируемые бетонные лотки, расположенные вдоль главной тропы. Для регулирования

скорости поверхностного стока устраиваются водобойные стенки. Сбор ливневого стока с кровель осуществляется водосточными трубами и желобами.

От кордона Перевал поверхностный сток движется по открытым лоткам в самотечном режиме до локальных очистных сооружений, расположенных в 50 метрах от проектируемого визит-центра.

### 2.1.2.1 Определение среднегодовых объемов поверхностного стока

Среднегодовые объемы дождевых и талых вод определяются по формуле

$$W_{\partial} = 10 \cdot h_{\partial} \cdot \Psi_{\partial} \cdot F, \quad (2.10)$$

$$W_m = 10 \cdot h_m \cdot \Psi_m \cdot F, \quad (2.11)$$

где  $F$  – расчетная площадь стока, га;

$h_{\partial}$  – слой осадков за теплый период года, мм;

$h_m$  – слой осадков за холодный период года, мм;

$\Psi_{\partial}$ ,  $\Psi_m$  – общие коэффициенты стока дождевых и талых вод соответственно.

$$W_{\partial} = 10 \cdot 255,3 \cdot 0,46 \cdot 2,83 = 3323,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$W_m = 10 \cdot 54,8 \cdot 0,6 \cdot 2,83 = 930,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$\Psi_{\partial} = \sum \frac{\Psi_{\partial} \cdot F_i}{F}, \quad (2.12)$$

где  $\Psi_{\partial}$  – значения общих коэффициентов стока для различных видов поверхности;

$F_i$  – площадь различных видов поверхностей стока, га;

$F$  – общая площадь поверхности стока, га.

Коэффициент стока дождевых вод определяется по формуле

$$\Psi_{\partial} = \frac{0,7 \cdot 1,26 + 0,3 \cdot 1,1 + 0,2 \cdot 0,47}{2,83} = 0,46$$

Общий коэффициент стока  $\Psi_m$  с селитебных территорий и площадок предприятий с учётом уборки снега, потерь воды и частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей принимается равным 0,6.

Среднегодовой объем поверхностного стока, образующегося на территории населённых пунктов и площадках предприятий в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяется по формуле

$$W_{\Sigma} = W_{\partial} + W_m + W_{\text{м}} \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.13)$$

где  $W_{\partial}$  – среднегодовой объем дождевых вод,  $\text{м}^3$ ;

$W_m$  – среднегодовой объем талых вод,  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{м}}$  – среднегодовой объем поливочных вод,  $\text{м}^3$ .

Поливочных мероприятий на территории заповедника не предусматривается.

$$W_{\Sigma} = 3323,5 + 930,5 + 0 = 4254,0 \text{ м}^3 / \text{год}$$

### **2.1.2.2 Определение расчетных расходов поверхностного стока при отведении в водосборные каналы**

Расход дождевых сточных вод для гидравлического расчёта сети и определения размеров канала рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{cal}} = \beta \cdot Q_r, \quad (2.14)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий заполнение свободного объёма сети в момент возникновения напорного режима,  $\beta = 1$ ;

$Q_r$  – расход дождевых сточных вод, определяемый методом предельных интенсивностей, рассчитывается по формуле

$$Q_r = \frac{\Psi_{\text{mid}} \cdot A \cdot F}{t_r^n}, \quad (2.15)$$

где  $\Psi_{\text{mid}}$  – средний коэффициент стока, 0,57;

$A$ ,  $n$  – параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности;

$F$  – расчётная площадь стока,  $\text{га}$ ;

$t_r^n$  – расчётная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчётного участка,  $\text{мин}$ .

При отсутствии обработанных данных параметр  $A$  определяется по формуле

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^\gamma \quad (2.16)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя (л/с на 1 га) продолжительностью 20 минут при  $P=1$  год;

$n$  – показатель степени, характеризующий изменение расчетной интенсивности дождя во времени;

$m_r$  – среднее количество дождей за год;

$P$  – период однократного превышения расчётной интенсивности дождя,  $P = 1,25$  год;

$\gamma$  – показатель степени.

$$A = 70 \cdot 20^{0,6} \cdot \left( 1 + \frac{\lg 1,25}{\lg 90} \right)^{1,54} = 455,87.$$

Расчётная продолжительность протекания дождевого стока по поверхности и каналу до расчётного участка (створа) определяется по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.17)$$

где  $t_{con}$  – продолжительность протекания дождевого стока по поверхности земли до канала, мин;

$t_{can}$  – продолжительность протекания дождевого стока по уличным лоткам до рассчитываемого сечения, мин;

$t_p$  – продолжительность протекания дождевого стока по трубам до рассчитываемого сечения (створа),  $t_p = 0$ .

Время поверхностной концентрации дождевого стока  $t_{con}$  на территории населённых пунктов при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей принимается равным 5 мин.

Продолжительность протекания дождевого стока по уличным лоткам  $t_{can}$  определяется по формуле

$$t_{can} = 0,021 \cdot \sum \frac{l_{can}}{v_{can}}, \quad (2.18)$$

где  $0,021$  – коэффициент, учитывающий постепенное нарастание скоростей движения сточных вод по мере наполнения лотков;

$l_{can}$  – длина участков лотков, м;

$v_{can}$  – расчётная скорость течения сточных вод на участке, м/с.

$$t_{can} = 0,021 \cdot \frac{6400}{3} = 44,8 \text{ мин},$$

Расчетная продолжительность протекания дождевого стока:

$$t_r = 5 + 44,83 + 0 = 49,83 \text{ мин}$$

Расход дождевых сточных вод:

$$Q_r = \frac{0,57 \cdot 455,87 \cdot 2,83}{49,83^{0,6}}, \text{ л/с}$$

Расчётные расходы талых вод при поступлении в водосточную сеть могут быть определены по слою стока за часы снеготаяния в течение суток:

$$Q_t = \frac{5,5 \cdot h_c \cdot K_y \cdot F}{10 + t_r}, \quad (2.19)$$

где  $h_c$  – слой талых вод за 10 дневных часов, мм;

$K_y$  – коэффициент, учитывающий вывоз и уборку снега.

$$K_y = 1 - \frac{F_y}{F}, \quad (2.20)$$

где  $F_y$  – площадь, очищаемая от снега, включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками, га.

$$K_y = 1 - \frac{1,26 + 1,10}{2,83} = 0,17.$$

$$Q_t = \frac{5,5 \cdot 18 \cdot 0,17 \cdot 2,83}{10 + 49,83_r} = 0,80 \text{ л/с},$$

Расход дождевых сточных вод для гидравлического расчёта сети и определения размеров канала:



$$Q_{cal} = 1 \cdot 70,44 = 70,44 \text{ л/с}.$$

Поскольку максимальный расход дождевого стока превышает максимальный расход талых вод, то подбор параметров лотка производится по максимальному расходу дождевых вод [4].

Для обеспечения эффективного водоотвода с территории заповедной зоны рекомендуется установить систему бетонного водоотвода марки BGU DN 200, класс нагрузки B125, с размерами в плане 280 на 260 мм. Максимальная пропускная способность лотка при уклоне 0,02 составляет 76,60 л/с, наполнение - 0,92. Максимальная скорость движения поверхностного стока в лотке принимается равной 3 м/с [5].

Для соблюдения гидравлического режима движения поверхностного стока и исключения повреждений лотков в результате формирования значительных скоростей на участках сети предусматривается установка водобойных стенок.

Переход через постоянные водотоки предусмотрен по существующим мостам и трубам, а также по вновь проектируемым мостикам.

### **2.1.2.3 Определение расчетных объемов поверхностного стока при отведении на очистку**

При отведении поверхностного стока на очистку, расчетные объемы определяются из условия приёма в аккумулирующую ёмкость большего из рассчитанных дождевого  $W_{oc}$  и талого  $W_m$  суточных объёмов поверхностных сточных вод.

Объём дождевого стока, отводимого на очистные сооружения, определяется по формуле

$$W_{oc} = 10 \cdot h_a \cdot \Psi_{mid} \cdot F, \text{ м}^3, \quad (2.21)$$

где  $h_a$  – максимальный слой осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объёме, 10 мм;

$F$  – площадь стока, га;

$\Psi_{mid}$  – средний коэффициент стока для расчётного дождя (определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока  $\Psi_i$  для разного вида поверхностей, принимается по [4]).

Средний коэффициент стока для расчётного дождя  $\Psi_{mid}$  :

$$\Psi_{mid} = \frac{0,95 \cdot 1,26 + 0,3 \cdot 1,1 + 0,2 \cdot 0,47}{2,83} = 0,57.$$

Максимальный суточный объём дождевых вод:

$$W_{oc} = 10 \cdot 10 \cdot 0,57 \cdot 2,83 = 161,31 \text{ м}^3,$$

Максимальный суточный объём талых вод определяется по формуле

$$W_m = 10 \cdot h_c \cdot a \cdot \Psi_m \cdot F \cdot K_y, \text{ м}^3, \quad (2.22)$$

где  $h_c$  – то же, что и в формуле 2.19;

$a$  – коэффициент, учитывающий неравномерность снеготаяния, 0,8;

$\Psi_m$  – общий коэффициент стока талых вод, 0,5-0,7 [6];

$K_y$  – то же, что и в формуле 2.19.

где  $F_y$  – площадь, очищаемая от снега, включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками, га.

Максимальный суточный объём талых вод:

$$W_m = 10 \cdot 18 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 2,83 \cdot 0,17 = 41,57 \text{ м}^3.$$

Полезный объём аккумулирующей ёмкости принят по большему расчётному расходу:

$$W_{ак} = 161,31 \cdot 1,1 = 177,44 \text{ м}^3.$$

#### **2.1.2.4 Технологическая схема очистки поверхностного стока, поступающего на локальные очистные сооружения визит-центра**

Для снижения скорости поверхностных сточных вод и предотвращения нарушения работы последующих сооружений проектом предусмотрена камера гашения. Из камеры гашения поверхностный сток поступает в

аккумулирующую емкость.

Для выравнивания поступающих поверхностных сточных вод по расходу и концентрациям загрязняющих веществ предусмотрен усреднитель, откуда поверхностный сток равномерно поступает на очистку.

Загрязненный сток проходит механический блок очистки, представленный ламинарным отстойником. На следующем этапе очистки предусматривается обработка воды на двухслойных фильтрах с адсорбирующим слоем. Затем осветленная вода проходит через биореактор с ершовой загрузкой. Для удаления ионов железа предусматривается сорбционный фильтр с фильтрующей загрузкой МТМ. Заключительным этапом очистки является обеззараживание, которое осуществляется на установке Лазурь М-5.



Рисунок 2.1 – Технологическая схема очистки сточных вод

У – усреднитель; ЛО – ламинарный отстойник; СФ – сорбционные фильтры;

Бр – биореактор; БО – блок обеззараживания

Таблица 2.9 – Показатели качества сточных вод, поступающих на очистку

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат измерения
1	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	461
2	Минерализация (сухой остаток)	мг/дм <sup>3</sup>	900
3	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	15,6
4	БПК <sub>полн</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	96
5	Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	0,05
6	СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,01
7	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,23
8	Азот нитратный	мг/дм <sup>3</sup>	2,5
9	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	17,7
10	Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	7
11	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	32,14
12	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	11,04
13	Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	0,02
14	Щелочность	мг/дм <sup>3</sup>	7,2

## Окончание таблицы 2.9.

	Микробиологические показатели		
15	Общие колиформные бактерии (ОКБ)	Число клеток в 50 мл	275
16	Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)		Не обнаружено

Таблица 2.10 – Показатели качества воды в источнике

Вид пробы	Наименование показателей	Наименование НД на метод испытаний	Значение показателя	
			фактического	нормы по НД
Природная вода	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.110-97	3,6	100
	Минерализация (сухой остаток), мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97	123	1000-
	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003	11,4	-
	БПК <sub>полн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97	6	-
	Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3.101-97	0,05	14
	СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	менее 0,01	-
	АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	менее 0,25	-
	Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	менее 0,20	45
	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	9,9	500
	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.248-07	7,3	3,5
	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	ФР1.31201.07432	1,7	0,05
	Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 31870-2012	15,3	0,3
	Сероводород, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2.109-97	1,16	0,03
	Щелочность, мг/дм <sup>3</sup>	ГОСТ 31957-2012	6,4	6,5
	Микробиологические показатели			
	Общие колиформные бактерии (ОКБ), число клеток в 50 мл	МУК 4.2.1884-04	270,0	не более 100 в 50 л
	Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), число клеток в 50 мл	МУК 4.2.1884-04	Не обнаружено	не более 100 в 50 л

Предлагаемое решение обеспечит необходимую степень очистки воды для использования очищенного стока на технические нужды заповедника.

### 2.1.2.5 Расчет многоканального усреднителя с различной длиной каналов

Для выравнивания залповых сбросов сточных вод с содержанием взвешенных веществ гидравлической крупностью 5 мм/с при концентрации до 500 мг/дм<sup>3</sup> применяются многоканальные усреднители.

Усреднение в таких устройствах происходит путем распределения потока воды, который делится на несколько струй, протекающих по коридорам усреднителя. Коридоры имеют разную длину, поэтому в сборном лотке смешиваются струи воды с различной концентрацией загрязнителей, поступивших в усреднитель в разное время [7].

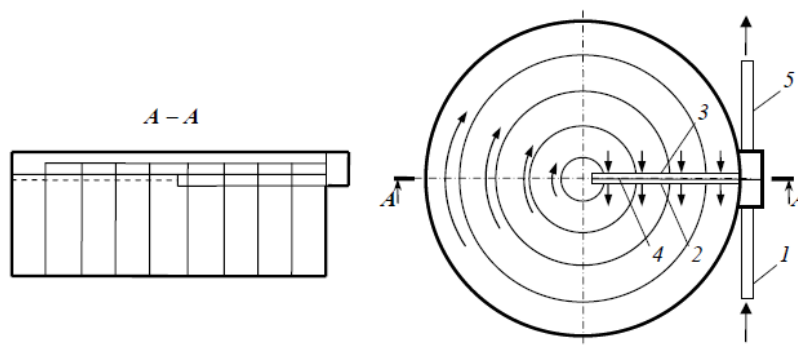


Рисунок 2.2 – Многоканальный усреднитель с различной длиной каналов

1 – канал подачи воды; 2 – распределительный лоток; 3 – сборный лоток; 4 – глухая перегородка; 5 – канал отвода воды

Расход сточной воды после усреднения:

$$q_{ex} = \frac{\sum q_i}{24}, \quad (2.23)$$

где  $\sum q_i$  – сумма расходов сточных вод, поступающих в усреднитель в течение суток, м<sup>3</sup>.

$$q_{ex} = \frac{177,44}{24} = 7,39, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Объем усреднителя определяется по формуле

$$W_z = 0,5 \cdot q_w \cdot t_z \cdot K_{av}, \quad (2.24)$$

где  $q_w$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$t_z$  – длительность залпового сброса, ч;

$K_{av}$  – коэффициент усреднения,  $K_{av}=1$ .

$$W_z=0,5 \cdot 7,39 \cdot 3 \cdot 1=11,1 \text{ м}^3$$

Площадь одной секции:

$$F = \frac{W_z}{h}, \quad (2.25)$$

$$F = \frac{11,1}{3,5} = 3,2 \text{ м}^2$$

Производится расчет диаметра усреднителя:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (2.26)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,2}{\pi}} = 2 \text{ м}$$

Количество каналов в каждой секции усреднителя принимается равным  $n_{can}=4$ .

Ширина одного канала:

$$B_{can} = \frac{0,5 \cdot D}{n_{can}}, \quad (2.27)$$

$$B_{can} = \frac{0,5 \cdot 2}{4} = 0,25$$

#### 2.1.2.6 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем

Вертикальные отстойники представляют собой круглые, квадратные или многоугольные в плане резервуары с конусным или пирамидальным днищем, в которых поток осветляемой воды движется в вертикальном направлении. Вертикальные отстойники предусматривают на станциях производительностью от 2000 до 20000  $\text{м}^3/\text{сут}$  и при низком уровне грунтовых вод.

Сточная жидкость подводится в первую приемную камеру отстойника, откуда перетекает на ламинарный модуль. Во время движения сточной воды по ламинарному модулю происходит ускоренное осаждение взвешенных веществ. Далее вода стекает в камеру отстаивания, откуда осветленная вода по градиенту

давления вытесняется в часть турбулентного перемешивания, после которой поднимается в приемный переточный лоток.

При расчете отстойника проточная скорость принимается равной не более 0,7 мм/с, время отстаивания принимается таким же, как и для горизонтальных отстойников.

Определяют необходимый объем рабочей части отстойника:

$$W = q \cdot t, \text{ м}^3, \quad (2.28)$$

где  $q$  – расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t$  – время отстаивания, ч.

$$W = 7,39 \cdot 0,5 = 3,7 \text{ м}^3.$$

Высоту рабочей части отстойника определяют по формуле

$$H_1 = V \cdot t, \text{ м}, \quad (2.29)$$

где  $V$  – проточная скорость сточных вод,  $\text{мм}/\text{с}$ ;

$$H_1 = 0,7 \cdot 1800 = 1,26 \text{ м}.$$

Площадь живого сечения:

$$F = \frac{W}{H_1}, \text{ м}^2, \quad (2.30)$$

$$F = \frac{3,7}{1,26} = 2,94 \text{ м}^2.$$

Диаметр отстойника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (F + f)}{\pi}}, \text{ м}, \quad (2.31)$$

где  $f$  – площадь живого сечения центральной трубы, определяемая по формуле

$$f = \frac{q}{V_{ц.тр}}, \text{ м}^2, \quad (2.32)$$

где  $q$  – расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V_{ц.тр.}$  – скорость движения жидкости в центральной трубе,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$$f = \frac{0,0021}{0,03} = 0,07 \text{ м}^2,$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,94 + 0,07)}{\pi}} = 1,96 \text{ м.}$$

Общая высота отстойника определяется по формуле

$$H = H_1 + H_2 + H_3, \text{ м,} \quad (2.33)$$

где  $H_2$  – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и слоем осадка, равна 0,3 м;

$H_3$  – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

$$H = 1,26 + 0,3 + 0,5 = 2,06 \text{ м.}$$

Блоки ламинарных элементов выполнены из параллельно установленных листов или пластин, расстояние между которыми составляет 0,025 – 0,1 м, т.е. значительно меньше, чем общая глубина отстойной зоны. Пластины в блоках устанавливают под углом 45 – 70° к горизонту, что обеспечивает сползание осадка.

Применение отстойника с ламинарным модулем позволяет повысить производительность установки (время осаждения взвеси составляет от 10 до 30 мин) и увеличить эффект очистки до 85 – 90 %, так как обеспечивает задержание как грубодисперсных, так и тонкоэмульгированных частиц взвеси и нефтепродуктов. Отстойники с ламинарным модулем отличаются компактностью и, по сравнению с обычными отстойниками, занимают меньшую площадь.

Образующийся осадок сползает в иловой приямок, из которого периодически удаляется. Всплывающие вещества собираются в пазухе между секциями и удаляются погружающимся лотком и поворотными трубами.

Высота ламинарного модуля принимаем по рабочей части отстойника, и равна  $H_{л.м.} = 1 \text{ м}$ . Количество пластин составляет 40 штук. Расстояние между блоками, а также между стенкой отстойника и блоком принимается из условий их монтажа и отведения задержанных загрязнений в зоне накопления и составляет 0,1 м.



### 2.1.2.7 Расчет сорбционного фильтра с двухслойной загрузкой с восходящим потоком воды

Двухслойный сорбционный напорный фильтр применяется для удаления остаточного количества взвешенных частиц, которые препятствуют последующей глубокой очистке от нефтепродуктов. В качестве загрузочного материала для удаления взвешенных веществ был принят Гидроантрацит-А, для удаления нефти и нефтепродуктов – фильтрующая загрузка С-Верад.

Фильтрация осуществляется снизу вверх, что улучшает условия работы фильтра вследствие реализации принципа убывающей крупности зерен вдоль потока. Промывка осуществляется обратным потоком воды для взрыхления загрузки. Накопившиеся загрязнения вымываются и сбрасываются в дренаж фильтра [7].

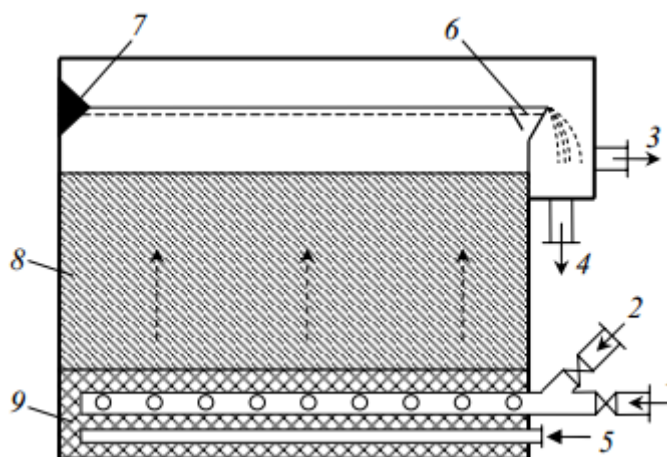


Рисунок 2.3 – Фильтр с восходящим потоком воды

1 – подвод воды; 2 – подвод промывной воды; 3 – отвод фильтрата; 4 – отвод промывной воды; 5 – подача воздуха; 6 – пескоулавливающий желоб; 7 – струенаправляющий выступ; 8 – загрузка; 9 – поддерживающий слой

Общая площадь фильтра определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{T \cdot v_{p.n} - 3,6 \cdot 3 \cdot w \cdot t - n \cdot t_2 \cdot v_{p.n}}, \quad (2.34)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – производительность фильтра,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$T$  – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$v_{p.n}$  – расчетная скорость фильтрования, м/ч;

$n$  – число промывок фильтров за сутки;

$w$  и  $t$  – интенсивность, л/сек·м, и продолжительность отмывки, ч;

$t_2$  – продолжительность простоя фильтра из-за промывки, ч.

$$F = \frac{177,44}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 0,13 - 1 \cdot 0,35 \cdot 6} = 1,34 \text{ м}^2$$

Площадь одной секции фильтра определяют по формуле

$$f = \frac{F}{N}, \quad (2.35)$$

где  $F$  – площадь напорного фильтра, м<sup>2</sup>;

$N$  – количество секций в одном фильтре.

$$f = \frac{1,34}{2} = 0,67, \text{ м}^2$$

К работе принимаются 2 параллельно и одновременно работающие линии адсорбентов при скорости фильтрации 6 м/ч.

Максимальная сорбционная емкость сорбента Гидроантрацит-А определяется по формуле

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{C_{en}}, \quad (2.36)$$

где  $C_{en}$  – концентрация взвешенных веществ в исходной воде.

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{27,66} = 1330,6 \text{ мг / г},$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента Гидроантрацит-А определяется по формуле

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{C_{ex}}, \quad (2.37)$$

где  $C_{ex}$  – концентрация взвешенных веществ в фильтрованной воде.

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{4,149} = 515,3 \text{ мг / г},$$

Максимальная доза сорбента Гидроантрацит-А:

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \quad (2.38)$$

$$D_{sb}^{max} = \frac{27,66 - 4,149}{515,3} = 0,1 \text{ г / л.}$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку, определяется по формуле

$$h = \frac{D_{sb}^{max} \cdot T}{k_{ds} \cdot a_{sb}^{max}}, \quad (2.39)$$

где  $T$  – продолжительность работы установки до проскока, ч;

$k_{ds}$  – степень истощения емкости сорбента.

$$h_l = \frac{0,1 \cdot 48}{0,021 \cdot 1330,6} = 0,2 \text{ м}$$

Общая высота загрузочного материала Гидроантрацит-А составляет  $h = 0,2 \text{ м}$ , диаметр загрузочного материала -  $d=0,9 \text{ м}$ .

Максимальная сорбционная емкость сорбента С-Верад определяется по формуле

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{C_{en}}, \quad (2.40)$$

где  $C_{en}$  – концентрация нефтепродуктов в исходной воде.

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{22,5} = 1200 \text{ г / л,}$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента С-Верад определяется по формуле

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{C_{ex}}, \quad (2.41)$$

где  $C_{ex}$  – концентрация нефтепродуктов в фильтрованной воде.

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{0,05} = 56,57 \text{ мг / г,}$$

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \quad (2.42)$$

$$D_{sb}^{max} = \frac{22,498 - 0,05}{56,57} = 0,4 \text{ г / л.}$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку, определяется по формуле

$$h = \frac{D_{sb}^{max} \cdot T}{k_{ds} \cdot a_{sb}^{max}}, \quad (2.43)$$

где  $T$  – продолжительность работы установки до проскока, ч;

$k_{ds}$  – степень истощения емкости сорбента.

$$h_2 = \frac{0,4 \cdot 48}{0,019 \cdot 1200} = 0,84 \text{ м.}$$

Общая высота загрузочного материала С-Верад составляет  $h = 0,84 \text{ м}$ , диаметр –  $d=0,9 \text{ м}$ .

Диаметр фильтра принимается равным  $0,9 \text{ м}$ , высота слоя загрузки Гидроантрацит-А –  $0,2 \text{ м}$ , высота слоя загрузки С-Верад –  $0,85 \text{ м}$ , строительная высота фильтра –  $1,9 \text{ м}$ , площадь загрузки 1 секции  $f = 0,67 \text{ м}^2$ . К работе принимаем 1 рабочий фильтр и 1 резервный.

Общий расход воды на промывку на один фильтр:

$$q_{np} = f \cdot \omega, \text{ л / с}, \quad (2.44)$$

где  $\omega$  – интенсивность промывки,  $\text{л/сек} \cdot \text{м}^2$ .

$$q_{np} = 0,64 \cdot 5 = 3,2 \text{ л / с} = 0,0032 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной воды  $v_{кол} = 1,1 \text{ м/сек}$  равен  $d_{кол} = 90 \text{ мм}$ .

С каждой стороны коллектора размещается 6 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром  $50 \text{ мм}$ , привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях  $0,061 \text{ м}$ .

На штуцерах ответвлений укрепляются щелевые дренажные колпачки. Необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках должны быть  $0,8 - 1 \%$  рабочей площади фильтра, т.е.

$$\sum f_{щ} = 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.45)$$

Площадь щелей на каждом колпачке составляет  $f_{щ} = 192 \text{ мм}^2 = 0,000192 \text{ м}^2$ .

$$\sum f_{щ} = 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot 0,9^2}{4} = 0,006 \text{ м}^2.$$

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы:

$$n = \frac{\sum f_{\text{из}}}{f_{\text{из}}}, \quad (2.46)$$

$$n = \frac{0,006}{0,000192} = 34 \text{ шт.}$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины, а именно: 0,37 м, 0,36 м, 0,31 м и 0,21 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра  $D = 0,9$  м составит:

$$L = 4 \cdot (0,36 + 0,31 + 0,21) + 2 \cdot 0,37 = 4,26 \text{ м.}$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками:

$$e = \frac{L}{n}, \quad (2.47)$$

$$e = \frac{4,26}{34} = 0,126 \text{ м} = 126 \text{ мм}$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок, составит:

$$q_{\text{колп}} = \frac{q_{\text{пр}}}{n}, \quad (2.48)$$

$$q_{\text{колп}} = \frac{0,0032}{34} = 0,00009 \text{ м}^3 / \text{с} = 0,09 \text{ л / с,}$$

Скорость прохода промывной воды через щели колпачка составит:

$$v = \frac{q_{\text{колп}}}{f_{\text{из}}}, \quad (2.49)$$

$$v = \frac{0,00009}{0,000192} = 0,49 \text{ м}^3 / \text{с,}$$

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра, состоящей из центрального коллектора и боковых распределительных труб неравной длины, определяется по формуле

$$h = \frac{v_{\text{из}}^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (2.50)$$

где  $v_{\text{из}}$  — скорость движения воды в щелях колпачка, м/с;

$\mu$  — коэффициент расхода, равный 0,5.

$$h = \frac{0,49^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,049 \text{ м}$$

### 2.1.2.8 Расчет биореактора с ершовой загрузкой

В биореакторе сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой. Биопленка образована колониями микроорганизмов. Биореактор состоит из фильтрующей загрузки, помещенной в тело биореактора, водораспределительного, дренажного и воздухораспределительных устройств [8].

Высота биореактора назначается в зависимости от БПК<sub>полн</sub> очищенной сточной воды, а гидравлическую нагрузку – в пределах  $10 - 30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ . Допустимое значение БПК<sub>5</sub>, поступающих на биореактор, сточных вод –  $300 \text{ мг/дм}^3$ .

Коэффициент  $K$  определяется по формуле

$$K = \frac{L_{en}}{L_{mix}}, \quad (2.51)$$

где  $L_{en}$  и  $L_{mix}$  – концентрация БПК<sub>5</sub> в поступающей и очищенной сточной воде,  $\text{мг/л}$ .

$$K = \frac{12,5}{3} = 4,2.$$

При заданной среднесзимней температуре сточной воды  $T_w = 14^\circ\text{C}$  и коэффициенте  $K = 4,2$  по [8] или табл. 2.11 определяется высота биореактора  $H = 2,6 \text{ м}$ , гидравлическая нагрузка  $q = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$  и удельный расход воздуха  $B_{yo} = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Таблица 2.11 – Параметры для расчета биореакторов

$q$	$H$	Коэффициент $K$ при $T_w, ^\circ C$ , $H_{af}$ , м и $q_{af}$ , $м^3/(м^2 \cdot сут)$											
		$T_w=8$			$T_w=10$			$T_w=12$			$T_w=14$		
		$q$ =10	$q$ =20	$q$ =30	$q$ =10	$q$ =20	$q$ =30	$q$ =10	$q$ =20	$q$ =30	$q$ =10	$q$ =20	$q$ =30
8	2	3,02	2,32	2,04	3,38	2,5	2,18	3,76	2,74	2,36	4,3	3,02	2,56
	3	5,25	3,53	2,89	6,2	3,96	3,22	7,32	4,64	3,62	8,95	5,25	4,09
	4	9,05	5,37	4,14	10,4	6,25	4,73	11,2	7,54	5,56	12,1	9,05	6,54
10	2	3,69	2,89	2,58	4,08	3,11	2,76	4,5	3,36	2,93	5,09	3,67	3,16
	3	6,1	4,24	3,56	7,08	4,74	3,94	8,23	5,31	4,36	9,9	6,04	4,84
	4	10,1	6,23	4,9	12,3	7,18	5,68	15,1	8,45	6,88	16,4	10	7,42
12	2	4,32	3,88	3,01	4,76	3,72	3,28	5,31	3,98	3,44	5,97	4,31	3,7
	3	7,25	5,01	4,18	8,35	5,55	4,78	9,9	6,35	5,14	11,7	7,2	5,72
	4	12	7,35	5,83	14,8	8,5	6,2	18,4	10,4	7,69	23,1	12	8,83

Среднее значение БПК<sub>5</sub> в смеси стоков перед фильтром:

$$L_{mix} = L_{mix} \cdot K^{\min}, \text{ мг / л}, \quad (2.52)$$

где  $K^{\min}$  – наименьшее ближайшее к  $K$  значение из таблицы.

$$L_{mix} = 3 \cdot 3,02 = 9,06 \text{ мг / л}.$$

Общая площадь биореактора:

$$F = \frac{Q_w \cdot (K_{rec} + 1)}{q}, \text{ м}^2, \quad (2.53)$$

где  $Q_w$  – суточный расход сточных вод,  $м^3/сут$ .

$$F = \frac{177,36 \cdot 1}{20} = 8,9 \text{ м}^2.$$

Число и размеры секций зависят от способа распределения сточной воды по поверхности. Обычно количество секций принимают не менее 2-х и не более 6-8.

В проекте принят биореактор круглый в плане  $D = 2,6 \text{ м}$   $F_1 = 4,45 \text{ м}^2$ ,  $H = 2,6 \text{ м}$ .

В качестве загрузки применяется синтетический ерш.

Значение БПК на входе в биореактор  $БПК_5 = 12,5 \text{ мг / л}$ .

Нормативное количество загрязнений на выходе из биореактора -

$$C_{БПК}^{оч} = 3 \text{ мг / л}.$$

Количество БПК, которое необходимо удалить из сточной воды:

$$G_{\text{БПК}} = \frac{(C_{\text{БПК}}^{\text{отст}} - C_{\text{БПК}}^{\text{оч}}) \cdot Q_{\text{сут}}}{1000}, \text{ кг / сут}, \quad (2.54)$$

$$G_{\text{БПК}} = \frac{(12,5 - 3) \cdot 177,36}{1000} = 1,7 \text{ кг / сут}.$$

Для формирования нитрифицирующей биопленки в биореакторе нагрузка на биопленку должна быть не более 0,2 г БПК на 1 г биопленки по сухому веществу в сутки.

Нагрузка определяется соотношением:

$$q = \frac{G_{\text{БПК}}}{G_{\text{БП}}}, \text{ кг}, \quad (2.55)$$

Определение массы биопленки, находящейся на ершовой загрузке, и общей длины ершовой загрузки на биопленке:

$$G_{\text{БП}} = \frac{1,7}{0,2} = 8,5 \text{ кг}.$$

Общее требуемое количество ершовой загрузки определяется тем, что на 1 п.м. ерша образуется 933 г активной биопленки.

Расчет требуемого количества ершовой загрузки:

$$L_{\text{ерш}}^{\text{общ}} = \frac{G_{\text{БП}}}{0,933}, \text{ п.м.}, \quad (2.56)$$

$$L_{\text{ерш}}^{\text{общ}} = \frac{8,5}{0,933} = 9,1 \text{ п.м.}$$

Конструктивно принимается размещение ершовой загрузки в виде единичных элементов биологической загрузки, объединенных в кассеты, которые блочно монтируются в аэрируемый канал контактного биореактора.

Площадь единичного элемента 0,3 м<sup>2</sup>, диаметр единичного элемента 0,094 м, шаг петельной загрузки на единичном элементе 0,05 м.

Расчет требуемого количества ершовой загрузки на единичный элемент биологической загрузки:

$$L_{\text{ерш}} = \frac{S_{\text{ед.э}} \cdot \pi \cdot d_{\text{ед.э}}}{S_{\text{ерш}}}, \text{ п.м.}, \quad (2.57)$$

где  $S_{\text{ед.э}}$  – площадь единичного элемента, м<sup>2</sup>;



$d_{ед.э.}$  – диаметр единичного элемента, м;

$s_{ерш.}$  – шаг петельной загрузки на единичном элементе, м.

$$L_{ерш} = \frac{0,3 \cdot \pi \cdot 0,094}{0,05} = 1,8 \text{ м.}$$

Количество единичных элементов петельной загрузки:

$$N = \frac{L_{ерш}^{общ}}{L_{ерш}}, \text{шт}, \quad (2.58)$$

$$N = \frac{9,1}{1,8} = 6 \text{ шт.}$$

Таблица 2.12 – Геометрические параметры единичного элемента петельной загрузки

Габаритные размеры стандартного установочного элемента	Длина	1000 ± 3 мм
	Диаметр наружный	124 ± 3 мм
	Диаметр внутренний	80 ± 3 мм
Пористость материала наружного слоя петельной загрузки		96,3%
Пористость материала каркаса (зона энзимного гидролиза)		74%
Удельная площадь поверхности физическая (по отношению к физически занимаемому объему)		3414 м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Удельная площадь поверхности конструкционная (по отношению к конструкционному объему элемента биозагрузки)		1993 м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Удельная площадь биопленки, формируемая на элементе биозагрузки физическая (по отношению к физически занимаемому объему)		3580 м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Удельная площадь биопленки, формируемая на элементе биозагрузки конструкционная (по отношению к конструкционному объему)		2090 м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Удельная геометрическая контактная площадь наружной поверхности, обеспечивающей массоперенос, не менее		58 м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>

Реактивные вращающиеся оросители состоят из двух, четырех или шести дырчатых труб, консольно закрепленных на общем стояке, в который подается вода из распределительной камеры. Стояк может вращаться вокруг своей оси. Вода поступает из стояка в радиальные трубы и через отверстия выливается из них. Под действием реактивной силы истечения воды распределитель вращается. Расчет реактивного оросителя состоит в определении его размеров, числа распределительных труб, количества отверстий, напора воды, частоты

вращения стояка. Скорость истечения из отверстий принимается не менее 0,5 м/с, диаметр отверстий – не менее 10 мм, напор воды не менее 0,5-1 м [6].

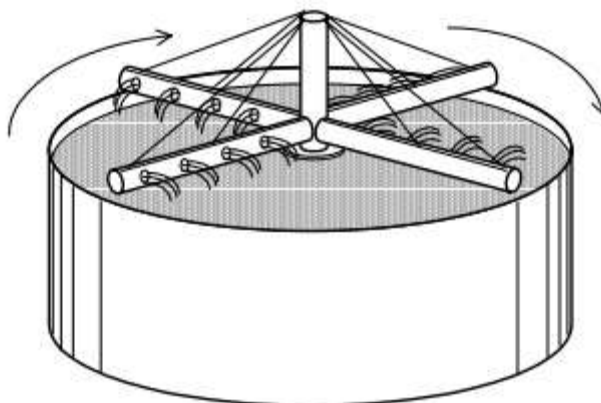


Рисунок 2.4 – Реактивный вращающийся ороситель

Диаметр реактивного оросителя:

$$D_{op} = D - 0,2, м, \quad (2.59)$$

где  $D$  – диаметр биореактора, м.

$$D_{op} = 2,6 - 0,2 = 2,4 м.$$

Количество распределительных труб принимается равным 2. Распределительные трубы закрепляются консольно на стояке.

Требуемый диаметр:

$$D_{mp} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot v \cdot n_{mp}}}, мм, \quad (2.60)$$

где  $q$  – средний расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$v$  – скорость в начале распределительной трубы, м/с.

$$D_{mp} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003}{\pi \cdot 1 \cdot 2}} = 44 мм,$$

Число отверстий на каждой распределительной трубе:

$$n_{отв} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{0,08}{D_{op}}\right)^2}, шт, \quad (2.61)$$

$$n_{отв} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{0,08}{2,4}\right)^2} = 17 шт.$$

Расстояние от оси стояка до каждого отверстия рассчитываем по формуле:

$$r_i = 500 \cdot D_{op} \cdot \sqrt{\frac{i}{n_{отв}}}, мм, \quad (2.62)$$

Расчеты представлены в таблице.

Таблица 2.13 – Расстояние от оси стояка до каждого отверстия

№	$D_{op}, м$	$n_{отв}, шт$	$r_i, мм$
1	2,4	17	291
2	2,4	17	412
3	2,4	17	504
4	2,4	17	582
5	2,4	17	651
6	2,4	17	713
7	2,4	17	770
8	2,4	17	823
9	2,4	17	873
10	2,4	17	920
11	2,4	17	965
12	2,4	17	1008
13	2,4	17	1049
14	2,4	17	1089
15	2,4	17	1127
16	2,4	17	1164
17	2,4	17	1200

Частота вращения реактивного оросителя:

$$n_o = 34,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{q}{n_{отв} \cdot d_{отв}^2 \cdot D_{op} \cdot n_{тр}}, мин^{-1}, \quad (2.63)$$

где  $d_{отв}$  – диаметр отверстий, 10 мм.

$$n_o = 34,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,003}{17 \cdot 100 \cdot 2,4 \cdot 4} = 6,4 мин^{-1},$$

Требуемый напор у реактивного оросителя:

$$h_{op} = 1000 \cdot \left( \frac{q}{n_{mp}} \right)^2 \cdot \left( \frac{256 \cdot 10^6}{d_{омс}^4 \cdot n_{омс}^2} - \frac{81 \cdot 10^6}{D_{mp}^4} + \frac{294 \cdot D_{op}}{k^2} \right), \text{ м}, \quad (2.64)$$

где  $k$  – модуль расхода, принимаемый по [6], л/с.

$$h_{op} = 1000 \cdot \left( \frac{0,003}{2} \right)^2 \cdot \left( \frac{256 \cdot 10^6}{10^4 \cdot 17^2} - \frac{81 \cdot 10^6}{50^4} + \frac{294 \cdot 2,4}{6^2} \right) = 0,21 \text{ м}.$$

Распределительные трубы располагаются на 0,2 м выше поверхности загрузки.

### 2.1.2.9 Расчет сорбционного напорного фильтра с загрузкой МТМ

Для обезжелезивания и удаления из воды сероводорода проектируется сорбционный напорный фильтр. В качестве загрузки был принят фильтрующий материал марки МТМ.

Активная поверхность гранул МТМ окисляет железо и марганец, сероводород окисляется до серы. Осадок задерживается слоем фильтрующей загрузки и удаляется при обратной промывке. Небольшая плотность по сравнению с другими фильтрующими материалами дает возможность промывать фильтр относительно небольшим потоком воды.

Для восстановления окислительного потенциала гранул МТМ производят регенерацию раствором перманганата калия. Доза перманганата калия составляет 1,5–2,0 г сухого вещества на 1 дм<sup>3</sup> фильтрующего материала. Перед вводом в эксплуатацию фильтров с МТМ требуется провести обратную промывку и регенерацию раствором KMnO<sub>4</sub>. МТМ используется с периодической или постоянной схемой регенерации для восстановления окислительной способности [9].

Общая площадь фильтра определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{cym}}{T \cdot v_{p.n} - 3,6 \cdot 3 \cdot w \cdot t - n \cdot t_2 \cdot v_{p.n}}, \quad (2.65)$$

где  $Q_{cym}$  – производительность фильтра в м<sup>3</sup>/сут

$T$  – продолжительность работы станции, ч;

$v_{p.n}$  – расчетная скорость фильтрования, м/ч;

$n$  – число промывок фильтров за сутки;

$w$  и  $t$  – интенсивность, л/сек·м, и продолжительность отмывки, ч;

$t_2$  – продолжительность простоя фильтра из-за промывки, ч.

$$F = \frac{177,44}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 0,1 - 1 \cdot 0,33 \cdot 8} = 0,96 \text{ м}^2$$

Максимальная сорбционная емкость сорбента определяется по формуле

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{C_{en}}, \quad (2.66)$$

где  $C_{en}$  – концентрация железа в исходной воде.

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{11,04} = 840,6 \text{ мг / л},$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента определяется по формуле

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{C_{ex}}, \quad (2.67)$$

где  $C_{ex}$  – концентрация железа в фильтрованной воде.

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{0,35} = 149,7 \text{ мг / л},$$

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \quad (2.68)$$

$$D_{sb}^{max} = \frac{11,04 - 0,35}{149,7} = 0,12 \text{ / л}.$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку, определяется по формуле

$$h = \frac{D_{sb}^{max} \cdot T}{k_{ds} \cdot a_{sb}^{max}}, \quad (2.69)$$

где  $T$  – продолжительность работы установки до проскока, ч;

$k_{ds}$  – степень исчерпания емкости сорбента.

$$h = \frac{0,1 \cdot 48}{0,013 \cdot 840,6} = 0,4 \text{ м}$$

Общая высота загрузочного материала составляет  $h = 0,4 \text{ м}$ , диаметр  $D = 1,16 \text{ м}$ .

После пересчета параметров фильтра методом подбора диаметр фильтра принимается равным 0,8 м, высота слоя загрузки – 0,80 м, строительная высота фильтра – 1,4 м, площадь загрузки –  $f = 0,5 \text{ м}^2$ . К работе принимаем 1 рабочий фильтр и 1 резервный.

Общий расход воды на промывку на один фильтр:

$$q_{np} = f \cdot \omega, \text{ л/с}, \quad (2.70)$$

где  $\omega$  – интенсивность промывки, л/сек  $\cdot \text{м}^2$ .

$$q_{np} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ л/с} = 0,0025 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной воды  $v_{кол} = 1,1 \text{ м/сек}$  равен  $d_{кол} = 80 \text{ мм}$ .

С каждой стороны коллектора размещается 6 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром 40 мм, привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях 0,71 м.

$$\sum f_{щ} = 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}. \quad (2.71)$$

Площадь щелей на каждом колпачке составляет  $f_{щ} = 192 \text{ мм}^2 = 0,000192 \text{ м}^2$ .

$$\sum f_{щ} = 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot 0,8^2}{4} = 0,005 \text{ м}^2$$

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы:

$$n = \frac{\sum f_{щ}}{f_{щ}}, \quad (2.72)$$

$$n = \frac{0,005}{0,000192} = 27 \text{ шт}$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины: 0,37 м, 0,29 м и 0,21 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра  $D = 0,7 \text{ м}$  составит:

$$L = 4 \cdot (0,57 + 0,50 + 0,36) = 5,72 \text{ м}.$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками:

$$e = \frac{L}{n}, \quad (2.73)$$

$$e = \frac{5,72}{26} = 0,22 \text{ м} = 220 \text{ мм}$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок, составит:

$$q_{\text{колп}} = \frac{q_{\text{нр}}}{n}, \quad (2.74)$$

$$q_{\text{колп}} = \frac{0,0025}{26} = 0,0001 \text{ м}^3 / \text{с} = 0,1 \text{ л / с},$$

Скорость прохода промывной воды через щели колпачка составит:

$$v = \frac{q_{\text{колп}}}{f_{\text{щ}}}, \quad (2.75)$$

$$v = \frac{0,0001}{0,000192} = 0,52 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра:

$$h = \frac{v_{\text{щ}}^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (2.76)$$

где  $v_{\text{щ}}$  – скорость движения воды в щелях колпачка, м/с;

$\mu$  – коэффициент расхода, равный 0,5.

$$h = \frac{0,52^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,055 \text{ м}.$$

### **2.1.2.10 Бактерицидная установка обеззараживания сточных вод ультрафиолетом с применением ультразвука «Лазурь М-5»**

Ультрафиолетовое обеззараживание с применением ультразвука является заключительным этапом обработки сточных вод, поступающих на локальные очистные сооружения. В существующих условиях предлагаемый метод является предпочтительным, так как не требует введения химических реагентов, не приводит к образованию вредных химических соединений и обеспечивает высокий эффект воздействия на различные микроорганизмы.

Воздействие ультразвуковым излучением вызывает кавитацию в обеззараживаемой воде, что препятствует биообрастанию и соляризации защитных кварцевых трубок и внутренней поверхности корпуса реактора. Под действием кавитации происходит дробление бактериальных кластеров и разрушение оболочек микроорганизмов, что приводит к увеличению эффективности дальнейшей обработки воды ультрафиолетовыми лампами.

В ультрафиолетовой установке происходит преобразование электрической энергии в бактерицидный ультрафиолет. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 200-300 нм воздействуют на белковые коллоиды и микробные клетки, при этом бактерицидный эффект зависит от прямого воздействия излучения на отдельные бактерии. Необходимо отметить, что эффективность обеззараживания зависит от прозрачности обрабатываемой воды.

Потребная бактерицидная мощность источников излучения для обеззараживания воды определяется по формуле

$$F_{\sigma} = \frac{Q \cdot \alpha \cdot K \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)}{1563,4 \cdot \eta_n \cdot \eta_o}, \text{ Вт}, \quad (2.77)$$

где  $Q$  – производительность установки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\alpha$  – коэффициент поглощения облучаемой водой бактерицидного излучения,  $\text{см}^{-1}$ ;

$K$  – коэффициент сопротивляемости бактерий кишечной палочки, принимаемая равной  $2500 \text{ мкВт} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ ;

$P_0$  – коли-индекс воды до облучения;

$P$  – коли-индекс воды после облучения, не превышающее 3;

$\eta_o$  – коэффициент использования бактерицидного облучения, принимаемый равным 0,9;

$\eta_n$  – коэффициент использования интенсивности потока бактерицидных лучей, принимающийся по данным изготовителя установки.

$$F_{\sigma} = \frac{7,39 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \lg(5500)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 16,4, \text{ Вт}.$$



Количество ламп:

$$n = \frac{F_{\sigma}}{F_{\lambda}}, \text{шт.}, \quad (2.78)$$

где  $F_{\lambda}$  – расчетный бактерицидный поток одной лампы,  $Bm$ .

$$n = \frac{16,4}{18} = 1, \text{шт.}$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды:

$$S = \frac{N \cdot n}{Q}, Bm \cdot ч / м^3, \quad (2.79)$$

где  $N$  – потребляемая мощность одной лампы,  $Bm$ .

$$S = \frac{60 \cdot 1}{7,39} = 8,1, Bm \cdot ч / м^3.$$

Ультрафиолетовая бактерицидная установка с применением ультразвука «Лазурь М-5» производительностью 2,5-10  $м^3/ч$  используется для обеззараживания очищенных и доочищенных стоков в хозяйственно-бытовых и производственных системах, в том числе в системах оборотного водоснабжения [10].

Применение установки «Лазурь» ультрафиолет-ультразвук повышает эффективность обеззараживания, увеличивает степень инаktivации патогенных микроорганизмов. Кроме того, позволяет снизить требования к прозрачности воды (до 60%) и минимизировать затраты на периодическое обслуживание установки по очистке внутреннего корпуса и защитной кварцевой трубки от биообрастания.

В модели М-5 используются кварцевые лампы ДБК-60 с длительным сроком службы (до 8000 часов), доза ультрафиолетового облучения находится в пределах от 16 до 65  $мДж/см^2$ . Потребляемая мощность 60  $Bm$ , бактерицидный поток 18  $Bm$ .

### 2.1.2.11 Расчет дополнительного оборудования

#### 2.1.2.11.1 Аккумулирующая емкость

Аккумулирующая емкость предназначена для сбора дискретно образующихся поверхностных сточных вод и обеспечения равномерного потока в локальных очистных сооружениях. Объем резервуара принят на суточный расход поверхностных сточных вод.

Принят резервуар объемом  $175 \text{ м}^3$  круглой формы в плане с диаметром  $7,5 \text{ м}$  и высотой  $4,0 \text{ м}$ .

#### 2.1.2.11.2 Расчет шламоуплотнителя

Суточное количество осадка, задерживаемое в отстойнике, определяется по формуле

$$Q = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{100 \cdot (p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (2.80)$$

где  $Q$  – суточных расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$p_{mud}$  – влажность осадка, 95%;

$\gamma_{mud}$  – плотность осадка,  $1 \text{ гр}/\text{см}^3$ .

$$Q = \frac{177,44 \cdot (461 - 4,15)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 1,6, \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Объем шламоуплотнителя при расчете суточного запаса осадка определяется по формуле

$$W_{ш.н.} = \gamma \cdot Q_{сут} \cdot l \cdot \rho, \text{ м}^3 \quad (2.81)$$

$$W_{ш.н.} = 0,025 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 2,25 = 0,1 \text{ м}^3$$

Принят круглый в плане шламоуплотнитель диаметром  $D = 0,3 \text{ м}$ .

Высота шламоуплотнителя определяется по формуле

$$H = \frac{W_{ш.н.}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}, \text{ м} \quad (2.82)$$

$$H = \frac{0,1}{\frac{\pi \cdot 0,3^2}{4}} = 1,4, \text{ м}$$

### 2.1.2.11.3 Расчет резервуара промывной воды

Объем воды на промывку одного фильтра определяется по формуле

$$W_{\text{пром}} = q \cdot f \cdot t, \text{ л}, \quad (2.83)$$

где  $q$  – интенсивность промывки,  $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$ ;

$f$  – площадь фильтра,  $\text{м}^2$ ;

$t$  – время промывки,  $\text{с}$ .

Объем воды на промывку двухслойного фильтра:

$$W_{\text{Iпром}} = 7 \cdot 1,28 \cdot 468 = 4193 \text{ л} = 4,2 \text{ м}^3.$$

Объем воды на промывку сорбционного фильтра с загрузкой МТМ:

$$W_{\text{2пром}} = 5 \cdot 0,5 \cdot 360 = 900 \text{ л} = 0,9 \text{ м}^3.$$

Общий объем воды на промывку:

$$W_{\text{пром}} = 4,2 + 0,9 = 5,1 \text{ м}^3.$$

Принят железобетонной резервуар  $W_p = 5,3 \text{ м}^3$ , круглой формы в плане с диаметром 1,5 м, высотой 3 м.

### 2.1.11.4 Резервуар-накопитель

Резервуар накопитель предназначен для сбора очищенных вод. Объем резервуара принят на трехчасовой расход сточных вод. Подобран резервуар объемом  $22 \text{ м}^3$  круглой формы в плане с диаметром 2,8 м, высотой 3,5 м

### 2.1.2.11.5 Подбор насосного оборудования

Для подачи поверхностного стока из аккумулирующей емкости на очистку и перекачивания сточной жидкости из сооружения в сооружение производится подбор насосов фирмы Grundfos [11]. Установка насосов фирмы Grundfos модели S возможна в трех вариациях: погружная установка,

погружная установка в переносном исполнении и сухая установка. Сухая установка может быть выполнена в вертикальном и горизонтальном положении.

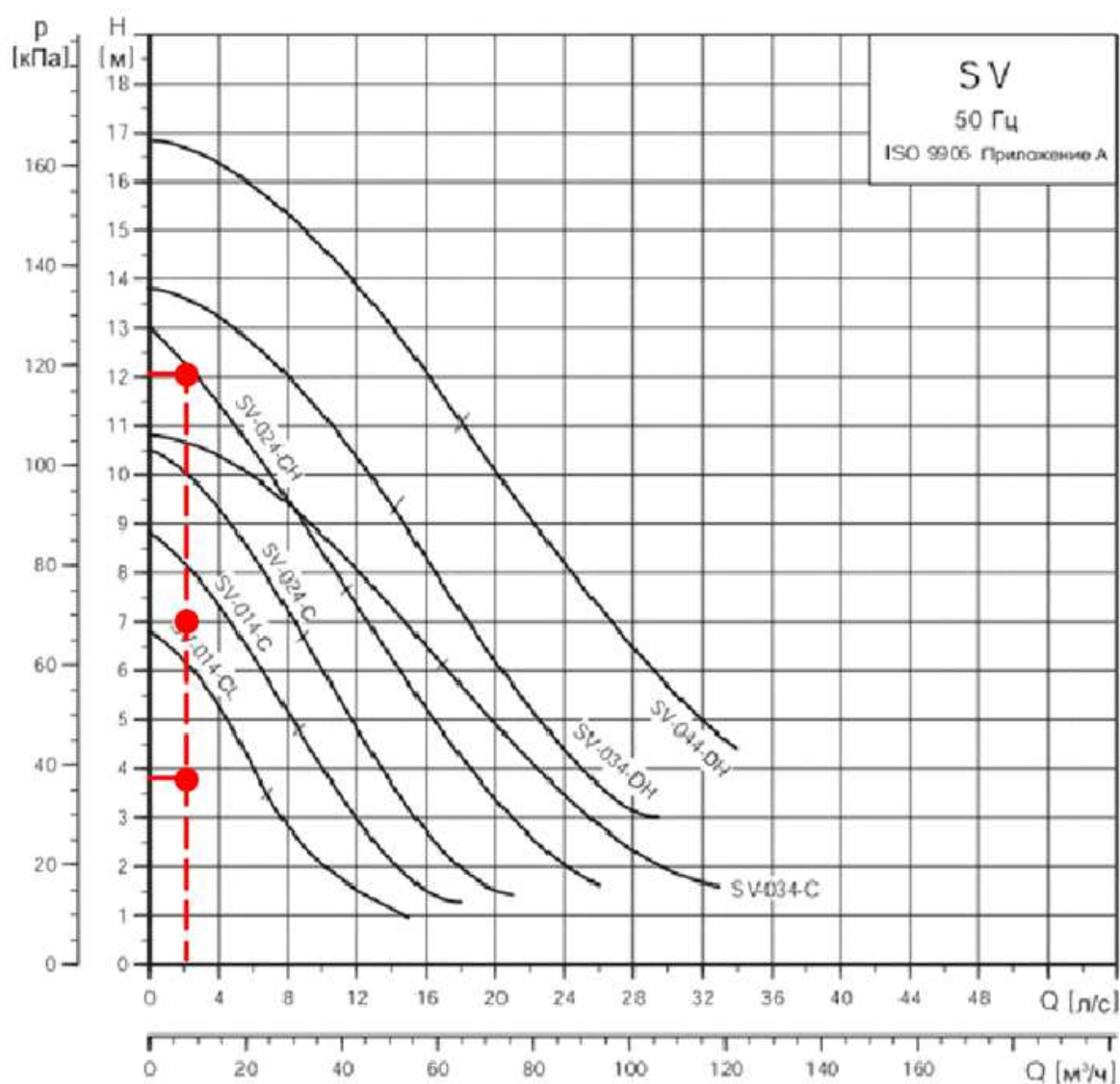


Рисунок 2.5 – Характеристика насосов фирмы Grundfos модель S

По вышеприведенному графику (Рисунок 2.5) производится подбор погружных насосов марки SV-024-CH и марки SV-014-C. Для перекачивания жидкости из сооружения в сооружение были подобраны насосы марки SV-014-CL.

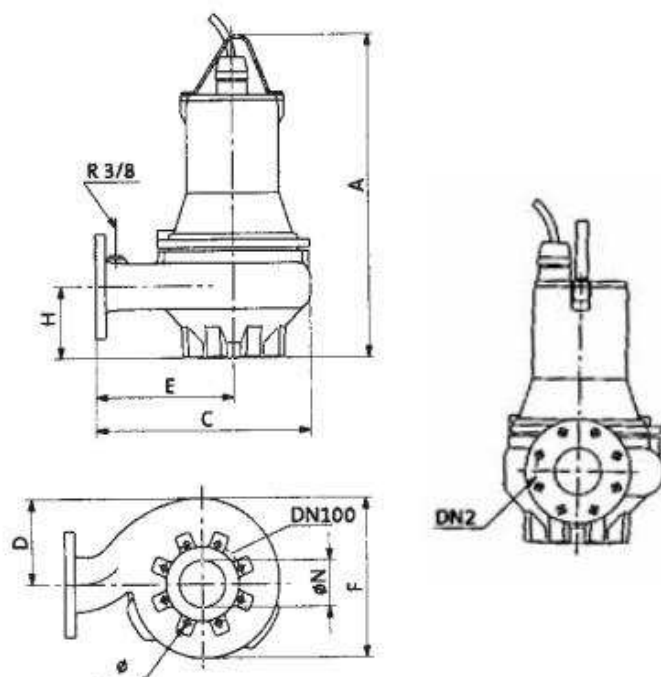


Рисунок 2.6 – Насос без принадлежностей

Габаритные размеры насосов представлены в таблице 2.16.

Таблица 2.14 – Габаритные размеры насосов фирмы Grundfos модель S

Тип насоса	Макс. размер тверд. включ., мм	Размеры, мм									Масса, кг	Количество
		A	C	D	DN2	E	F	H	Ø	ØN		
SV-024-CN	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	1
SV-014-C	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	1
SV-014-CL	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	6

### 2.1.2.12 Система оборотного водоснабжения

При оборотной системе водоснабжения вода, прошедшая очистку на локальных очистных сооружениях, используется на технические нужды заповедника, что позволит уменьшить объем забираемой воды и сократить объем загрязняющих веществ, поступающих при сбросе сточных вод в водный объект. В свою очередь, это позволит существенно снизить нагрузку на источник.

При рекомендуемом решении поверхностный сток, очищенный до фоновых показателей ручья Лалетино, частично сбрасывается в водоток для восполнения потерь при заборе воды из источника. Основной объем

технической воды по напорным трубопроводам поступает на кордоны и в поселок Нарым, где расходуется на обмыв оборудования, влажную уборку помещений, а также используется в качестве отопительного элемента в котельных и для смыва бачков унитазов. На каждом кордоне и в научно-познавательном комплексе предусматривается установка пожарных резервуаров, рассчитанных на трехчасовую продолжительность пожаров.

Целесообразность проектирования оборотной системы водопользования обусловлена особым статусом территории, который подразумевает сохранение уникальной среды заповедника. Внедрение технологии оборотного водоснабжения способствует комплексному решению проблемы прогрессирующей деградации природных экосистем, вызванной общим антропогенным загрязнением территории и увеличивающейся рекреационной нагрузкой.

## **2.2 Исходные данные для расчета систем водоотведения научно-познавательного комплекса «Нарым»**

Протяженность тропы от кордона Перевал до научно-познавательного комплекса Нарым	500 м
Средняя ширина проезжей части	4,0 м
Общая площадь проектирования	0,31 га
Общая площадь кровель	0,10 га
Общая площадь асфальтобетонных поверхностей	0,21 га
Расчетная длина участков канала	500 м
Средний уклон местности	0,078
Интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 минут при $P=I$	70 л/с на 1 га
Показатель степени, характеризующий изменение расчетной интенсивности дождя во времени	0,6
Среднее количество дождей за год	90

### 2.2.1 Расчет хозяйственно-бытовой системы водоотведения

Научно-познавательный комплекс расположен в 500 метрах от сервисного центра «Перевал» и в 7 км от ул. Свердловская (федеральная трасса М-54), на кордоне Нарым, почти у самого подножия скал Первый и Второй Столбы. Комплекс состоит из научного стационара, восьми гостевых домиков, летнего палаточного лагеря, административного корпуса и экскурсионного павильона. Гостевой городок и палаточный лагерь организованы по принципу кемпинга и рассчитаны на единовременное пребывание 150 человек.

Расчетный суточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от поселка:

$$Q_{\text{ср.сут.}} = \frac{q_s \cdot N}{1000}, \quad (2.84)$$

где  $q_s$  – удельная норма водоотведения, 125 л/с;

$N$  – количество прибывающих людей, чел.

$$Q_{\text{ср.сут.}} = \frac{125 \cdot 150}{1000} = 18,3 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Так как поступление сточных вод в течение суток неравномерно, для обеспечения требуемой пропускной способности распределительной сети труб и других сооружений системы водоотведения определяется максимальный и минимальный требуемый расход.

$$Q_{\text{сут. max}} = K_{\text{сут. max}} \cdot Q_{\text{ср.сут.}}, \quad (2.85)$$

$$Q_{\text{сут. min}} = K_{\text{сут. min}} \cdot Q_{\text{ср.сут.}}, \quad (2.86)$$

где  $K_{\text{сут. max}}$  и  $K_{\text{сут. min}}$  – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень

благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням. Принимаются равными соответственно  $K_{сут. max} = 1,1$ ;  $K_{сут. min} = 0,8$ .

$$Q_{сут. max} = 1,1 \cdot 18,3 = 20,16 \text{ м}^3 / \text{сут},$$

$$Q_{сут. min} = 0,8 \cdot 18,3 = 14,64 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

### 2.2.2 Расчет системы поверхностного водоотведения

Производится сбор поверхностного стока вдоль туристической тропы от кордона Перевал до научно-познавательного комплекса Нарым, а также сбор дождевых и талых вод с кровель зданий и сооружений, расположенных непосредственно на территории комплекса.

### 2.2.3 Определение среднегодовых объемов поверхностного стока

Среднегодовые объемы дождевых и талых вод:

$$W_D = 10 \cdot 253 \cdot 0,7 \cdot 0,31 = 554 \text{ м}^3 / \text{год} = 2,82 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

$$W_T = 10 \cdot 54,8 \cdot 0,6 \cdot 0,31 = 101,93 \text{ м}^3 / \text{год} = 4,08 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Коэффициент стока дождевых вод:

$$\Psi_D = \frac{0,7 \cdot 0,21 + 0 + 0,7 \cdot 0,1}{0,31} = 0,7.$$

Общий коэффициент стока  $\Psi_T$  с селитебных территорий и площадок предприятий с учётом уборки снега, потерь воды и частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей принимаем равным 0,6.

Среднегодовой объем поверхностного стока, образующегося на территории населённых пунктов и площадках предприятий в период выпадения дождей и таяния снега [4].

$$W_r = 554 + 101,93 + 0 = 655,93 \text{ м}^3 / \text{год} = 1,78 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Поливомоечных мероприятий на территории не предусматривается.



## 2.2.4 Определение расчетных расходов поверхностного стока при отведении в водосборные каналы

Параметр  $A$  равен:

$$A = 70 \cdot 20^{0,6} \cdot \left(1 + \frac{\lg 1,25}{\lg 90}\right)^{1,54} = 455,87. \quad (2.87)$$

Время поверхностной концентрации дождевого стока  $t_{con}$  на территории населённых пунктов при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей принимается равным 5 мин.

Продолжительность протекания дождевого стока по уличным лоткам:

$$t_{can} = 0,021 \cdot \frac{500}{1,5} = 7 \text{ мин.}$$

Расчётная продолжительность протекания дождевого стока по поверхности и каналу до расчётного участка:

$$t_r = 5 + 7 + 0 = 12 \text{ мин.}$$

Расход дождевых сточных вод:

$$Q_r = \frac{0,95 \cdot 455,87 \cdot 0,26}{12^{0,6}} = 25,4 \text{ л / с.}$$

Расчётный расход талых вод:

$$Q_t = \frac{5,5 \cdot 18 \cdot 0,67 \cdot 0,26}{10 + 12} = 0,7 \text{ л / с.}$$

Поскольку максимальный расход дождевого стока превышает максимальный расход талых вод, то подбор параметров лотка производится по максимальному расходу дождевых вод.

Расход дождевых сточных вод для гидравлического расчёта сети и определения размеров канала:

$$Q_{cal} = 1 \cdot 25,4 = 25,4 \text{ л / с.}$$

Для обеспечения эффективного водоотвода с территории заповедной зоны рекомендуется установить систему бетонного водоотвода марки BGU DN 100, класс нагрузки B125, с размерами в плане 157 на 160 мм. Пропускная способность лотка при уклоне 0,01 составляет 27,71 л/с, наполнение - 0,92. Максимальная скорость движения поверхностного стока в лотке принимается равной 3 м/с [5].

### 2.2.5 Определение расчетных объемов поверхностного стока при отведении на очистку

Средний коэффициент стока для расчётного дождя  $\Psi_{mid}$  :

$$\Psi_{mid} = \frac{0,95 \cdot 0,21 + 0,95 \cdot 0,1}{0,31} = 0,95.$$

Максимальный суточный объём дождевых вод:

$$W_{oc} = 10 \cdot 10 \cdot 0,95 \cdot 0,31 = 29,45 \text{ м}^3.$$

Коэффициент, учитывающий вывоз и уборку снега:

$$K_y = 1 - \frac{0,10}{0,31} = 0,67.$$

Максимальный суточный объём талых вод:

$$W_{m.cyt.} = 10 \cdot 18 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,31 \cdot 0,32 = 20,94 \text{ м}^3.$$

Полезный объём аккумулирующей ёмкости принят по большему расчётному расходу:

$$W_{ак} = 29,45 \cdot 1,2 = 35,24 \text{ м}^3.$$

## 2.2.6 Определение расчётной массовой концентрации загрязнений в общесплавной системе локальных очистных сооружений

Фоновая концентрация загрязнений в источнике и концентрация загрязнений в поверхностном стоке определена путем анализа проб и представлена в таблице 2.10.

Показатели качества хозяйственно-бытовой сточной воды, рассчитываются исходя из нормы водопотребления на одного человека в сутки [13].

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод определяется по формуле

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_{\text{с}}}, \text{ мг / л}, \quad (2.88)$$

где  $a$  – количество загрязнений, поступающих от одного человека,  $\text{г / чел} \cdot \text{сут}$ ;

$q_{\text{с}}$  – норма водоотведения,  $\text{л / чел} \cdot \text{сут}$ .

Результаты расчетов представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Показатели качества хозяйственно-бытовых сточных вод при удельной норме водоотведения 125 л/сут на 1 человека

Показатели	$a$ , $\text{г/чел} \cdot \text{сут}$	$C_i$ , $\text{мг/дм}^3$
Взвешенные вещества	65	764,71
БПК <sub>полн</sub>	75	882,35
Азот аммонийных солей N	8	94,12
Фосфаты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,3	38,82
Хлориды Cl	9	105,88
СПАВ	2,5	29,41
Общие колиформные бактерии (ОКБ), $\text{ед/л}$	8	1200

Концентрация загрязнений в общем стоке, поступающем на очистку, определяется по формуле

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_{x/\text{б}}^i \cdot Q_{x/\text{б}} + C_n^i \cdot Q_n}{Q_{x/\text{б}} + Q_n}, \text{ мг / л}, \quad (2.89)$$

где  $C_{x/б}^i$  – концентрация загрязнений в хозяйственно-бытовых сточных водах, мг/л;

$Q_{x/б}$  – расход хозяйственно-бытовых сточных вод, л/с;

$C_n^i$  – концентрация загрязнений в поверхностных сточных водах, мг/л;

$Q_n$  – расход поверхностных сточных вод, л/с;

Расчет представлен в таблице 2.16

Таблица 2.16 – Концентрация загрязнений в общем стоке

Наименование показателя	$C_n^i$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{x/б}^i$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{общ}$ , мг/дм <sup>3</sup>	ПДК для водоема рыбохозяйственного назначения
Взвешенные вещества	461	764,1	491,58	3,85
Минерализация (сухой остаток)	900	-	809,21	1000
ХПК	15,6	-	14,03	15
БПК <sub>полн</sub>	96	882,35	175,32	3
Растворенный кислород	0,05	-	0,04	4
СПАВ	0,01	29,41	2,98	0,5
АПАВ	0,23	-	0,21	0,1
Азот аммонийных солей	-	94,12	9,49	0,39
Азот нитратный	2,5	-	2,25	9,1
Сульфаты	17,7	-	15,91	100
Хлориды	-	105,88	10,68	300
Фосфаты	7	38,82	10,21	0,2
Нефтепродукты	32,14	-	28,90	0,05
Железо общее	11,04	-	9,90	0,1
Сероводород	0,02	-	0,02	0,5
Щелочность	7,2	6,8	7,16	6-9
Общие колиформные бактерии (ОКБ), ед/дм <sup>3</sup>	5500	1200	11396	Отсутствие
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), ед/дм <sup>3</sup>	Не обнаружено	-		Отсутствие

## 2.2.7 Описание технологии очистки

Для снижения скорости поверхностных сточных вод и предотвращения нарушения работы последующих сооружений предусматривается камера гашения. Из камеры гашения поверхностный сток поступает в аккумулирующую емкость.

В усреднителе происходит смешивание и усреднение концентрации загрязняющих веществ поверхностного и хозяйственно-бытового стока, откуда объединенный загрязненный сток равномерно поступает на очистку.

Также как и в технологической схеме локальных очистных сооружений визит-центра, загрязненный сток проходит механический блок очистки, который представлен ламинарным отстойником. На следующем этапе очистки предусматривается обработка воды на двухслойных фильтрах с адсорбирующим слоем. Затем осветленная вода проходит через биореактор с ершовой загрузкой. Для удаления ионов железа предусматривается сорбционный фильтр с фильтрующей загрузкой МТМ. Заключительным этапом очистки является обеззараживание, которое осуществляется на установке Лазурь М-3.

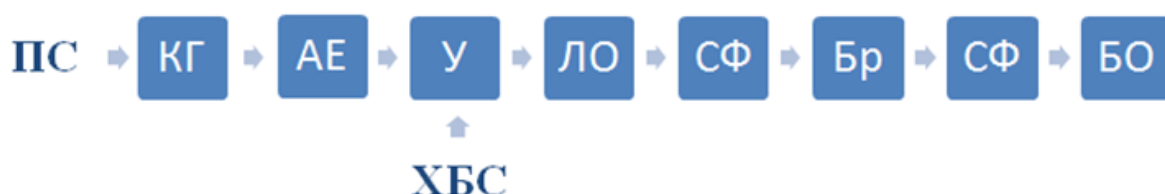


Рисунок 2.7 – Технологическая схема очистки сточных вод

КГ – камера гашения; АЕ – аккумулирующая емкость; У – усреднитель;

ЛО – ламинарный отстойник; СФ – сорбционные фильтры; Бр – биореактор;

БО – блок обеззараживания; ПС – поверхностный сток; ХБС – хозяйственно-бытовой сток

## 2.2.8 Камера гашения

Для снижения скорости поступающих на очистные сооружения поверхностных сточных вод предусматривается камера гашения. Медленное перемещение стоков на очистные сооружения обеспечивается за счет установки

искусственных преград. Вследствие этого увеличивается срок эксплуатации конструкции и сокращаются затраты на ремонт.

### **2.2.9 Расчет многоканального усреднителя с различной длиной каналов**

Для выравнивания сточных вод по объему и концентрациям применяется многоканальный усреднитель с различной длиной каналов.

Расход сточных вод после усреднения:

$$q_{ex} = \frac{29,45 + 20,16}{24} = 2,1, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Объем усреднителя:

$$W_z = 0,5 \cdot 2,1 \cdot 3 \cdot 1 = 3,15 \text{ м}^3.$$

Площадь усреднителя:

$$F = \frac{3,15}{3} = 1,1 \text{ м}^2.$$

Диаметр усреднителя равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1}{\pi}} = 1,2 \text{ м}$$

Количество каналов в каждой секции усреднителя принимается равным  $n_{can}=4$ .

Ширина одного канала:

$$B_{can} = \frac{0,5 \cdot 1,2}{4} = 0,15 \text{ м}.$$

### **2.2.10 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем**

Расход сточных вод, поступающий в отстойник:

$$q_{ex} = \frac{49,61}{24} = 2,1 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Необходимый объем рабочей части отстойника:

$$W = 2,1 \cdot 0,5 = 1,1 \text{ м}^3.$$

Высота рабочей части отстойника:

$$H_1 = 0,5 \cdot 1800 = 0,9 \text{ м.}$$

Площадь живого сечения:

$$F = \frac{1,1}{0,9} = 1,2 \text{ м}^2.$$

Площадь живого сечения центральной трубы:

$$f = \frac{0,58 \cdot 10^{-3}}{0,03} = 0,02 \text{ м}^2,$$

Диаметр отстойника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (1,2 + 0,02)}{\pi}} = 1,25 \text{ м.}$$

Общая высота отстойника:

$$H = 0,9 + 0,3 + 0,5 = 1,7 \text{ м.}$$

Блоки ламинарных элементов выполнены из параллельно установленных листов или пластин, расстояние между которыми составляет 0,025 – 0,1 м. Пластины в блоках устанавливаются под углом 45 – 70° к горизонту, что обеспечивает сползание осадка. Расстояние между блоками, а также между стенкой отстойника и блоком составляет 0,1 м.

Высота ламинарного модуля принимаем по рабочей части отстойника, и равна  $H_{л.м.} = 0,6 \text{ м}$ . Количество пластин составляет 24 штуки.

### **2.2.11 Расчет сорбционного фильтра с двухслойной загрузкой с восходящим потоком воды**

Двухслойный сорбционный напорный фильтр применяется для удаления остаточного количества взвешенных частиц, которые препятствуют последующей глубокой очистке от нефтепродуктов. В качестве загрузочного материала для удаления взвешенных веществ был принят Гидроантрацит-А, для удаления нефтепродуктов – фильтрующая загрузка С-Верад.

Общая площадь фильтра:

$$F = \frac{49,61}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 0,13 - 1 \cdot 0,35 \cdot 6} = 0,38 \text{ м}^2$$

Площадь одной секции фильтра:

$$f = \frac{0,38}{2} = 0,19 \text{ м}^2.$$

К работе приняты 2 параллельно и одновременно работающих линии адсорбентов при скорости фильтрации 6 м/ч.

Максимальная сорбционная емкость сорбента Гидроантрацит-А:

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{29,5} = 1374 \text{ мг / г}.$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента:

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{4,43} = 532,5 \text{ мг / г}.$$

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{29,5 - 4,43}{532,5} = 0,1 \text{ г / л}.$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку, определяется по формуле

$$h_1 = \frac{0,1 \cdot 48}{0,02 \cdot 1374} = 0,17 \text{ м}.$$

Высота загрузочного материала Гидроантрацит-А составляет  $h = 0,17 \text{ м}$ , диаметр загрузочного материала -  $d = 0,5 \text{ м}$ .

Максимальная сорбционная емкость сорбента С-Верад:

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{20,23} = 1138 \text{ мг / г}.$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента:

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{0,04} = 51 \text{ мг / г}.$$

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{20,23 - 0,04}{51} = 0,1 \text{ г / л}.$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку:

$$h_2 = \frac{0,1 \cdot 48}{0,017 \cdot 1138} = 0,25 \text{ м}.$$

Общая высота загрузочного материала С-Верад составляет  $h = 0,25 \text{ м}$ , высота загрузочного материала Гидроантрацит-А -  $h = 0,17 \text{ м}$ , площадь



загрузки 1 секции –  $f = 0,19 \text{ м}^2$ , диаметр – 0,5 м, строительная высота фильтра составляет 1,2 м.

К работе принят 1 рабочий фильтр и 1 резервный.

Общий расход воды на промывку на один фильтр:

$$q_{np} = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \text{ л / с} = 0,00125 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной воды  $v_{кол} = 1,1 \text{ м/сек}$  будет  $d_{кол} = 90 \text{ мм}$ .

С каждой стороны коллектора размещается 7 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром 50 мм, привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях 0,061 м.

Необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках:

$$\sum f_{щ} = 0,02 \cdot \frac{\pi \cdot 0,9^2}{4} = 0,013 \text{ м}^2$$

Площадь щелей на каждом колпачке составляет  $f_{щ} = 192 \text{ мм}^2 = 0,000192 \text{ м}^2$ .

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы:

$$n = \frac{0,013}{0,000192} = 68 \text{ шт}$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины, а именно: 0,21 м, 0,31 м, 0,36 м и 0,37 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра  $D = 0,9 \text{ м}$  составит:

$$L = 4 \cdot (0,21 + 0,31 + 0,36) + 2 \cdot 0,37 = 4,26 \text{ м}.$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками:

$$e = \frac{4,26}{68} = 0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм}.$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок, составит:

$$q_{колп} = \frac{0,00125}{68} = 0,00002 \text{ м}^3 / \text{с} = 0,02 \text{ л / с}.$$

Скорость прохода промывной воды через щели колпачка составит:

$$v = \frac{0,00002}{0,000192} = 0,1 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра, состоящей из центрального коллектора и боковых распределительных труб неравной длины:

$$h = \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,002 \text{ м}.$$

### 2.2.12 Расчет биореактора с ершовой загрузкой

Определяется коэффициент  $K$ :

$$K = \frac{22,79}{3} = 7,60.$$

При заданной среднезимней температуре сточной воды  $T_w = 14^\circ\text{C}$  и коэффициенте  $K = 7,6$  по [8] табл. 2.11 определяются высота биореактора  $H = 2,4 \text{ м}$ , гидравлическая нагрузка  $q = 10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{сут})$  и удельный расход воздуха  $B_{\text{yo}} = 8 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ .

Среднее значение БПК<sub>5</sub> в смеси стоков перед фильтром:

$$L_{\text{mix}} = 3 \cdot 4,3 = 12,9 \text{ мг} / \text{л}.$$

Общая площадь биореактора:

$$F = \frac{49,61 \cdot 1}{10} = 4,96 \text{ м}^2,$$

Принят биореактор круглый в плане  $D = 2,5 \text{ м}$   $F_1 = 1,48 \text{ м}^2$ ,  $H = 2,4 \text{ м}$ .

В качестве загрузки применяем синтетический ерш.

Значение БПК на входе в биореактор  $\text{БПК}_5 = 22,79 \text{ мг} / \text{л}$ .

Нормативное количество загрязнений на выходе из биореактора -

$$C_{\text{БПК}}^{\text{оч}} = 3 \text{ мг} / \text{л}.$$

Количество БПК, которое необходимо удалить из сточной воды в биореакторе:

$$G_{\text{БПК}} = \frac{(22,79 - 3) \cdot 49,61}{1000} = 0,98 \text{ кг} / \text{сут.}$$

Для формирования нитрифицирующей биопленки в биореакторе нагрузка на биопленку должна быть не более 0,2 г БПК на 1 г биопленки по сухому веществу в сутки.

Масса биопленки, находящейся на ершовой загрузке на биопленке:

$$G_{\text{БП}} = \frac{0,98}{0,2} = 4,9 \text{ кг.}$$

Общее требуемое количество ершовой загрузки определяется тем, что на 1 погонном метре ерша образуется 933 г. активной биопленки.

Расчет требуемого количества ершовой загрузки:

$$L_{\text{ерш}}^{\text{общ}} = \frac{4,9}{0,933} = 5,3 \text{ п.м.}$$

Конструктивно принимаем размещение ершовой загрузки в виде единичных элементов биологической загрузки, объединенных в кассеты, которые блочно монтируются в аэрируемый канал контактного биореактора.

Площадь единичного элемента 0,3 м<sup>2</sup>, диаметр единичного элемента 0,094 м, шаг петельной загрузки на единичном элементе 0,05 м.

Расчет требуемого количества ершовой загрузки на единичный элемент биологической загрузки:

$$L_{\text{ерш}} = \frac{0,3 \cdot \pi \cdot 0,094}{0,05} = 1,8 \text{ п.м.}$$

Количество единичных элементов петельной загрузки:

$$N = \frac{5,3}{1,8} = 3 \text{ шт.}$$

Диаметр реактивного оросителя:

$$D_{\text{ор}} = 2,5 - 0,2 = 2,3 \text{ м.}$$

Количество распределительных труб принимается равным  $n = 2$ , которые закрепляются консольно на стояке.

Требуемый диаметр:

$$D_{mp} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0006}{\pi \cdot 0,5 \cdot 2}} = 28 \text{ мм},$$

Число отверстий на каждой распределительной трубе:

$$n_{отв} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{0,08}{2,5}\right)^2} = 16 \text{ шт.}$$

Расстояние от оси стояка до каждого отверстия рассчитываются по формуле 2.57.

Расчеты сведены в таблицу 2.17.

Таблица 2.17 – Расстояние от оси стояка до каждого отверстия

№	$D_{op}, \text{м}$	$n_{отв}, \text{шт}$	$r_i, \text{мм}$
1	2,5	16	313
2	2,5	16	442
3	2,5	16	541
4	2,5	16	625
5	2,5	16	699
6	2,5	16	765
7	2,5	16	827
8	2,5	16	884
9	2,5	16	938
10	2,5	16	988
11	2,5	16	1036
12	2,5	16	1083
13	2,5	16	1127
14	2,5	16	1169
15	2,5	16	1210
16	2,5	16	1250

Частота вращения реактивного оросителя:

$$n_o = 34,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,0006}{16 \cdot 100 \cdot 2,5 \cdot 2} = 2,61 \text{ мин}^{-1},$$

Требуемый напор у реактивного оросителя:

$$h_{op} = 1000 \cdot \left(\frac{0,0006}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{256 \cdot 10^6}{10^4 \cdot 16^2} - \frac{81 \cdot 10^6}{32^4} + \frac{294 \cdot 2,3}{3^2}\right) = 0,01 \text{ м.}$$

Распределительные трубы располагаем на 0,2 м выше поверхности загрузки.

### 2.2.13 Расчет сорбционного напорного фильтра с загрузкой МТМ

Для обезжелезивания и удаления из воды сероводорода проектируется сорбционный напорный фильтр. В качестве загрузки был принят фильтрующий материал марки МТМ.

Общая площадь фильтра:

$$F = \frac{49,61}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 0,1 - 1 \cdot 0,33 \cdot 8} = 0,27 \text{ м}^2$$

Максимальная сорбционная емкость сорбента:

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{9,90} = 796 \text{ мг / г},$$

Минимальная сорбционная емкость сорбента:

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{0,28} = 133,9 \text{ мг / г},$$

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{9,90 - 0,28}{133,9} = 0,07 \text{ г / л}.$$

Высота загрузки, обеспечивающая очистку:

$$h = \frac{0,07 \cdot 48}{0,012 \cdot 796} = 0,35 \text{ м}$$

Общая высота загрузочного материала составляет  $h = 0,35 \text{ м}$ , и диаметр -  $D = 0,6 \text{ м}$ . Строительная высота фильтра равна  $H = 0,95 \text{ м}$ , площадь загрузки фильтра  $f = 0,3 \text{ м}^2$ . К работе принимается 1 рабочий фильтр и 1 резервный.

Общий расход воды на промывку на один фильтр:

$$q_{np} = 0,64 \cdot 5 = 3,2 \text{ л / с} = 0,0032 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной воды  $v_{кол} = 1,1 \text{ м/сек}$  равен  $d_{кол} = 60 \text{ мм}$ .

С каждой стороны коллектора размещается 6 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром 32 мм, привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях 0,063 м.

Необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках:

$$\sum f_{щ} = 0,02 \cdot \frac{\pi \cdot 0,6^2}{4} = 0,006 \text{ м}^2.$$

Площадь щелей на каждом колпачке составляет  $f_{щ} = 192 \text{ мм}^2 = 0,000192 \text{ м}^2$ .

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы:

$$n = \frac{0,006}{0,000192} = 32 \text{ шт.}$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины: 0,16 м, 0,22 м, и 0,24 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра  $D = 0,6 \text{ м}$  составит:

$$L = 4 \cdot (0,16 + 0,22) + 2 \cdot 0,24 = 2 \text{ м.}$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками:

$$e = \frac{2}{32} = 0,063 \text{ м} = 63 \text{ мм.}$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок, составит:

$$q_{колп} = \frac{0,0032}{32} = 0,0001 \text{ м}^3 / \text{с} = 0,1 \text{ л} / \text{с.}$$

Скорость прохода промывной воды через щели колпачка составит:

$$v = \frac{0,0001}{0,000192} = 0,52 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра:

$$h = \frac{0,52^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,055 \text{ м.}$$

#### **2.2.14 Бактерицидная установка обеззараживания сточных вод ультрафиолетом с применением ультразвука «Лазурь М-3»**

Для обеззараживания очищенного стока предусмотрена ультрафиолетовая бактерицидная установка с применением ультразвука «Лазурь М-3» [10]. Производительность установки составляет 1,5-6 м<sup>3</sup>/ч.

Потребная бактерицидная мощность источников излучения для обеззараживания воды:

$$F_{\sigma} = \frac{2,1 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \lg(11396)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 5,1, \text{ Вт.}$$

Количество ламп:

$$n = \frac{5,1}{10} = 1, \text{ шт.}$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды:

$$S = \frac{30 \cdot 1}{2,1} = 14,3, \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3.$$

В модели М-3 используются кварцевые лампы ДБК-30 с длительным сроком службы (до 8000 часов), доза ультрафиолетового облучения находится в пределах от 16 до 65 мДж/см<sup>2</sup>. Потребляемая мощность 30 Вт, бактерицидный поток 10 Вт.

## **2.2.15 Расчет дополнительного оборудования**

### **2.2.15.1 Аккумулирующая емкость**

Для сбора дискретно образующихся поверхностных сточных вод и обеспечения равномерного потока в локальных очистных сооружениях предусмотрена аккумулирующая емкость, объем которой принимается равным максимальному суточному расходу сточных вод.

Принята аккумулирующая емкость объемом 30 м<sup>3</sup> круглой формы в плане с диаметром 4 м и высотой 2,5 м.

### **2.2.15.2 Расчет шламоуплотнителя**

Суточное количество осадка, задерживаемое в отстойнике:

$$Q = \frac{177,44 \cdot (491,58 - 4,43)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 1,7, \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Объем шламоуплотнителя:

$$W_{\text{шл}} = 0,025 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 2,25 = 0,1, \text{ м}^3$$

Принят круглый в плане шламоуплотнитель диаметром  $D = 0,3 \text{ м}$ .

Высота шламоуплотнителя:

$$H = \frac{0,1}{\frac{\pi \cdot 0,3^2}{4}} = 1,4 \text{ м}.$$

### **2.2.15.3 Резервуар промывной воды**

Объем воды на промывку двухслойного фильтра:

$$W_{\text{пром}} = 7 \cdot 0,38 \cdot 468 = 1244,9 \text{ л} = 1,24 \text{ м}^3.$$

Объем воды на промывку сорбционного фильтра с загрузкой МТМ:

$$W_{2\text{пром}} = 5 \cdot 0,27 \cdot 360 = 486 \text{ л} = 0,49 \text{ м}^3.$$

Общий объем воды на промывку:

$$W_{\text{пром}} = 1,24 + 0,49 = 1,7 \text{ м}^3.$$

Принят железобетонной резервуар  $W_p = 1,7 \text{ м}^3$  круглой формы в плане с диаметром  $D = 0,9 \text{ м}$ , высотой  $h = 2,6 \text{ м}$ .

### **2.2.15.4 Резервуар - накопитель**

Резервуар накопитель предназначен для сбора очищенных вод. Объем резервуара принят на трехчасовой расход сточных вод.

Принят резервуар объемом  $2,1 \text{ м}^3$  круглой формы в плане с диаметром  $1,0 \text{ м}$  и высотой  $2,7 \text{ м}$ .

### **2.2.15.5 Подбор насосного оборудования**

Для подачи поверхностного стока из аккумулирующей емкости на очистку и перекачивания сточной жидкости из сооружения в сооружение производится подбор насосов фирмы Grundfos [11].



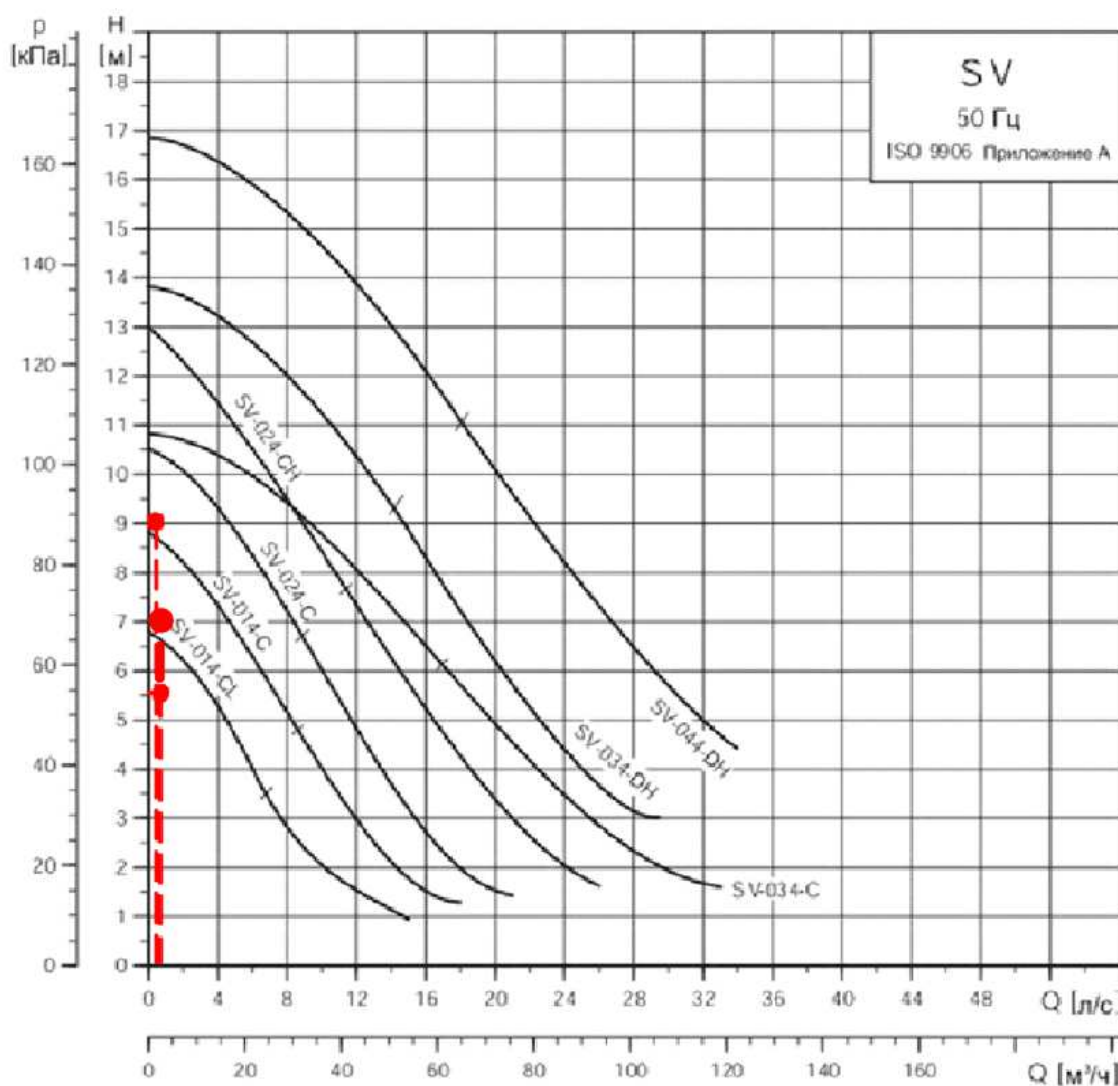


Рисунок 2.8 – Характеристика насосов фирмы Grundfos модель S

По вышеприведенному графику (Рисунок 2.8) производится подбор погружных насосов марки SV-024-C и марки SV-014-C. Для перекачивания жидкости из сооружения в сооружение были подобраны насосы марки SV-014-CL в сухом вертикальном исполнении.

Габаритные размеры насосов представлены в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Габаритные размеры насосов фирмы Grundfos модель S

Тип насоса	Макс. размер тверд. включ., мм	Размеры, мм									Масса, кг	Количество
		A	C	D	DN2	E	F	H	Ø	ØN		
SV-024-C	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	1
SV-014-C	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	1
SV-014-CL	80	675	345	127	80	219	255	100	19	100	74	6

### **3 Эколого-экономическое обоснование внедрения технологии оборотного водопользования**

Согласно [14] собственниками водных объектов должны предприниматься мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения, засорения и истощения, а также меры по ликвидации последствий указанных явлений.

Количество загрязняющих веществ и микроорганизмов, содержащихся в сточных водах и сбрасываемых в ручей Лалетино, не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водный объект. Таким образом, сброс неочищенных дождевых и талых вод, отводимых с территории государственного заповедника «Столбы» является несанкционированным.

Расчет размера вреда, причиненного водному объекту, производится на основании Приказа Минприроды России от 13 апреля 2009 г. №87 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства», а также согласно постановлению Правительства РФ от 13 сентября 2016 г. №913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

#### **3.1 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с территории главной туристической тропы заповедника «Столбы»**

Определение размера вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод, производится по формуле

$$Y = K_{\epsilon} \cdot K_{\epsilon\epsilon} \cdot K_{ин} \cdot \sum (H_i \cdot M_i) \cdot K_{из}, \text{ руб.} \quad (3.1)$$

где  $K_{\epsilon}$  – коэффициент, учитывающий экологические факторы (табл. 2.1 );

$K_{\epsilon\epsilon}$  – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, 1,17 (табл. 3.2 );

$K_{ин}$  – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную

составляющую экономического развития;

$H_i$  – таксы для исчисления размера вреда от сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в водные объекты определяются в соответствии с [15], *тыс. руб./т*;

$M_i$  – масса сброшенного  $i$ -го загрязняющего вещества определяется по каждому загрязняющему веществу, *т*;

$K_{из}$  – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект.

Таблица 3.1 – Коэффициент  $K_{\phi}$ , учитывающий экологические факторы состояния водных объектов Сибирского федерального округа

Наименование	Значение коэффициента $K_{\phi}$
Бассейн р. Енисей	1,36
Бассейн р. Обь	1,22
Бассейн Карского моря	1,23
Бассейн р. Лена	1,27
Бассейн моря Лаптевых	1,18
Бассейн о. Байкал, о. Байкал	2,80

Таблица 3.2 – Коэффициент  $K_{\phi 2}$ , учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года

Месяцы	Значение коэффициента $K_{\phi 2}$
Июнь, июль, август	1,1
Сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь, январь, февраль	1,15
Март, апрель, май	1,25

Коэффициент индексации  $K_{ин}$ , учитывает инфляционную составляющую экономического развития и принимается на уровне накопленного к периоду исчисления размера вреда индекса-дефлятора. Коэффициент  $K_{ин}$  на 2018 год составляет 2,85.

Коэффициент  $K_{из}$  учитывает интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект и устанавливается в зависимости от

кратности превышения фактической концентрации загрязняющего вещества при сбросе на выпуске сточных вод над его фоновой концентрацией в воде водного объекта.

Коэффициент  $K_{из}$  для загрязняющих веществ I и II классов опасности в размере рассчитанной кратности превышения; для загрязняющих веществ III и IV классов опасности – равном 1 при превышениях до 10 раз; равном 2 при превышениях более 10 и до 50 раз; равном 5 при превышениях более 50 раз [16].

Таблица 3.3 – Определение коэффициента  $K_{из}$ , учитывающего интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект

Наименование	Класс опасности	Фактическая концентрация, $C_{ф}, \text{мг/дм}^3$	Фоновая концентрация, $C_{фон}, \text{мг/дм}^3$	Кратность превышения	Коэффициент, $K_{из}$
Взвешенные вещества	4	461	3,6	128,06	5
Минерализация (сухой остаток)	2	900	123	7,32	7,32
ХПК	1	15,6	11,4	1,37	1,37
БПК <sub>полн</sub>	3	96	6	16,0	2
СПАВ	4	0,01	0,01	1,0	1
АПАВ	4	0,23	0,25	0,92	1
Азот нитратный	3	2,5	0,2	12,50	2
Сульфаты	4	17,7	9,9	1,79	1
Фосфаты	4	7	7,3	0,96	1
Нефтепродукты	4	32,14	3,25	18,91	2
Железо общее	3	11,01	15,3	0,72	1
Сероводород	4	0,02	1,16	0,02	1
Общие колиформные бактерии (ОКБ), ед/л	-	5500	5400	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	-	Не обнаружено	Не обнаружено	-	-

Масса загрязняющих веществ определяется по формуле

$$M_i = Q \cdot (C_{\phi i} - C_{\partial i}) \cdot T \cdot 10^{-6}, \text{ т.} \quad (3.2)$$

где  $i$  – загрязняющее вещество, по которому исчисляется размер вреда;

$Q$  – расход сточных вод с превышением содержания  $i$ -го загрязняющего вещества,  $4254 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$C_{\phi i}$  – средняя фактическая за период сброса концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в сточных водах, определяемая по результатам анализов аккредитованной лаборатории как средняя арифметическая из общего количества результатов анализов (не менее 3-х) за период времени  $T$ ,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$C_{\partial i}$  – допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах норматива допустимого сброса (НДС) или лимита сброса при его наличии на период проведения мероприятий по снижению сбросов загрязняющих веществ в водные объекты,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$T$  – продолжительность сброса сточных вод с повышенным содержанием загрязняющих веществ, с момента обнаружения сброса и до его прекращения, 615 ч;

$10^{-6}$  – коэффициент перевода массы загрязняющего вещества в тонны.

Таблица 3.4 – Определение массы загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Фактическая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, $C_{\phi}$ , $\text{мг}/\text{дм}^3$	Допустимая концентрация загрязняющего вещества $C_{\partial}$ , $\text{мг}/\text{дм}^3$	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M$ , т
Взвешенные вещества	4	461	3,85	1196,0
ХПК	1	15,6	15	1,57
БПК <sub>полн</sub>	3	96	3	243,31
АПАВ	4	0,23	0,1	0,340
Фосфаты	4	7,0	0,2	17,79
Нефтепродукты	4	32,14	0,05	83,95
Железо общее	3	11,01	0,1	28,62
Общие колиформные бактерии (ОКБ),	-	5500	Отсутствие	-
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	-	Не обнаружено	Отсутствие	-

Размер вреда, исчисленный по формуле 3.1, уменьшается на величину фактической оплаты сверхнормативного или сверхлимитного (при его наличии) сброса загрязняющих веществ, который рассчитывается исходя из массы загрязняющих веществ.

Таблица 3.5 – Размер вреда от сброса сточных вод в водный объект

Наименование загрязняющего вещества (класс опасности)	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Такса $H_i$ , руб./т	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M$ , т	Размер вреда от сброса загрязняющего вещества $U$ , руб.
Взвешенные вещества	3,85	977,2	1196,0	26500521,36
ХПК	15	19835,0	1,57	193439,99
БПК <sub>полн</sub>	3	243,0	243,31	536242,80
АПАВ	0,1	1192,2	0,340	1838,80
Фосфаты	0,2	3679,3	17,79	296835,85
Нефтепродукты	0,05	14711,7	83,95	11202238,23
Железо общее	0,1	5950,8	28,62	772386,92
Общие колиформные бактерии (ОКБ)	Отсутствие	1337,0	-	1337,0
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	Отсутствие	-	-	-

Ущерб от сброса поверхностных сточных вод, собираемых с территории главной туристической тропы государственного заповедника Столбы составил:

$$\sum U = 39\,504\,840,92 \text{ руб./год}$$

### 3.2.1 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод с территории научно-познавательного комплекса Нарым

Определение размера вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод, производится по формуле 3.1

Таблица 3.6 – Определение коэффициента  $K_{из}$ , учитывающего интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект

Наименование	Класс опасности	Фактическая концентрация, $C_f, \text{мг/дм}^3$	Фоновая концентрация, $C_{фон}, \text{мг/дм}^3$	Кратность превышения	Коэффициент, $K_{из}$
Взвешенные вещества	4	461	3,6	128,06	5
Минерализация (сухой остаток)	2	900	123	7,32	7,32
ХПК	1	15,6	11,4	1,37	1,37
БПК <sub>полн</sub>	3	96	6	16,0	2
СПАВ	4	0,01	0,01	1,0	1
АПАВ	4	0,23	0,25	0,92	1
Азот нитратный	3	2,5	0,2	12,50	2
Сульфаты	4	17,7	9,9	1,79	1
Фосфаты	4	7	7,3	0,96	1
Нефтепродукты	4	32,14	3,25	18,91	2
Железо общее	3	11,01	15,3	0,72	1
Сероводород	4	0,02	1,16	0,02	1
Общие колиформные бактерии (ОКБ), $\text{ед/дм}^3$	-	5500	5400	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), $\text{ед/дм}^3$	-	Не обнаружено	Не обнаружено	-	-

Масса загрязняющих веществ определяется по формуле 3.2

Таблица 3.7– Определение массы загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Фактическая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, $C_f, \text{мг/дм}^3$	Допустимая концентрация загрязняющего вещества $C_d, \text{мг/дм}^3$	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M, \text{т}$
Взвешенные вещества	4	461	3,85	184,41
ХПК	1	15,6	15	0,24
БПК <sub>полн</sub>	3	96	3	37,52
АПАВ	4	0,23	0,1	0,05
Фосфаты	4	7,0	0,2	2,74
Нефтепродукты	4	32,14	0,05	12,95
Железо общее	3	11,01	0,1	4,40

Окончание таблицы 3.7.

Общие колиформные бактерии (ОКБ),	-	5500	Отсутствие	-
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	-	Не обнаружено	Отсутствие	-

Таблица 3.8– Размер вреда от сброса сточных вод в водный объект

Наименование загрязняющего вещества (класс опасности)	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Такса $H_i$ , руб./т	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M$ , т	Размер вреда от сброса загрязняющего вещества $Y$ , руб.
Взвешенные вещества	3,85	977,2	184,41	6129226,72
ХПК	15	19835,0	0,24	44688,59
БПК <sub>полн</sub>	3	243,0	37,52	124026,0
АПАВ	0,1	1192,2	0,05	425,29
Фосфаты	0,2	3679,3	2,74	68654,28
Нефтепродукты	0,05	14711,7	12,95	2590932,35
Железо общее	0,1	5950,8	4,40	178153,19
Общие колиформные бактерии (ОКБ)	Отсутствие	1337,0	-	1337,0
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	Отсутствие	-	-	-

Ущерб от сброса поверхностных сточных вод, собираемых с территории научно-познавательного комплекса Нарым, составил:

$$\sum Y = 9\,137\,443,42 \text{ руб./год.}$$

### 3.2.2 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых сточных вод на территории научно-познавательного комплекса Нарым

Определение размера вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод, производится по формуле 3.1

Таблица 3.9 – Определение коэффициента  $K_{из}$ , учитывающего интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект



Наименование	Класс опасности	Фактическая концентрация, $C_f$ , $мг/дм^3$	Фоновая концентрация, $C_{фон}$ , $мг/дм^3$	Кратность превышения	Коэффициент, $K_{из}$
Взвешенные вещества	4	764,1	3,6	212,42	5
БПК <sub>полн</sub>	3	882,35	6	147,06	5
СПАВ	4	29,41	0,01	2941	5
Азот аммонийных солей	3	94,12	-	94,12	5
Хлориды	4	105,88	-	105,88	5
Фосфаты	4	38,82	7,3	5,32	1
Общие колиформные бактерии (ОКБ), <i>ед/л</i>	-	1200	5400	-	-

Масса загрязняющих веществ, рассчитанная по формуле 3.2, сводится в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Определение массы загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Фактическая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, $C_f$ , $мг/дм^3$	Допустимая концентрация загрязняющего вещества $C_d$ , $мг/дм^3$	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M$ , $t$
Взвешенные вещества	4	764,1	3,85	134,37
БПК <sub>полн</sub>	3	882,35	3	155,29
СПАВ	4	29,41	0,5	5,11
Азот аммонийных солей	3	94,12	0,39	16,55
Фосфаты	4	38,82	0,2	6,82
Общие колиформные бактерии (ОКБ),	-	1200	<i>Отсутствие</i>	-

Размер вреда от сброса сточных вод в водный объект сводится в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Размер вреда от сброса сточных вод в водный объект

Наименование загрязняющего вещества (класс опасности)	ПДК, $мг/дм^3$	Такса $H_i$ , <i>руб./т</i>	Масса сброшенного загрязняющего вещества $M$ , $t$	Размер вреда от сброса загрязняющего вещества $V$ , <i>руб.</i>
Взвешенные вещества	3,85	977,2	134,37	4465948,80

Окончание таблицы 3.11.

БПК <sub>полн</sub>	3	243	155,29	1283493,19
СПАВ	0,5	1192,2	5,11	207025,0
Азот аммонийных солей	0,39		16,55	670076,04
Фосфаты	0,2	3679,3	6,82	170699,79
Общие колиформные бактерии (ОКБ),	<i>Отсутствие</i>	1337	-	1337,00

Ущерб от сброса хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся на территории научно-познавательного комплекса Нарым, составил:

$$\sum Y = 6798579,82 \text{ руб./год.}$$

Суммарный ущерб от сброса сточных вод, образующихся на территории государственного заповедника «Столбы», составил:

$$\sum Y = 55440864,16 \text{ руб./год.}$$

#### 4 Технология прокладки водоотводящих лотков

Для обеспечения эффективного водоотвода с территории главной туристической тропы заповедника устанавливается система водоотводных лотков компании Gidrolica. Бетонные лотки могут применяться для отведения дождевого и талого стока с парковок, автомобильных дорог, с территорий парков, скверов и промышленных предприятий. Бетон отличается стойкостью к высоким нагрузкам, высокой прочностью и долговечностью, является влаго- и морозостойким материалом.

Лотки для ливневой канализации указанного производителя классифицируются по классу нагрузки, которую они способны выдерживать, согласно системе европейского стандарта EN 1433.

Таблица 4.1 – Классификация водоотводящих лотков по классу нагрузки

Класс нагрузки	Территория для обустройства системы поверхностного водоотвода
A15 (15 кН)	Пешеходные тротуары
	Велосипедные дорожки
	Благоустройство дворов
B125 (125 кН)	Парковки, гаражи для легкового автотранспорта
	Частный жилой сектор
C250 (250 кН)	Тротуары
	Дороги со слабоинтенсивным движением транспорта
D400 (400 кН)	Производственные участки
	АЗС
	Дороги с интенсивным движением транспорта
E600 (600 кН)	Промышленные объекты
	Автомагистрали
	Объекты транспортной и городской инфраструктуры
F900 (900 кН)	Взлетные полосы аэродромов
	Объекты с особо тяжелыми нагрузками на дорожное покрытие

На основании приведенной выше классификации для устройства системы поверхностного водоотвода на территории со значительной

интенсивностью движения пешеходов и с минимальной нагрузкой при движении служебного автотранспорта был определен класс нагрузки В125.

Монтаж начинают с установки лотка в нижней отметке трассы, от которого отмечают линию укладки водоотводного канала.

Укладка лотков производится в уже существующей траншее в бетонную обойму, размеры которой определяются в зависимости от установленного класса нагрузки согласно Европейскому стандарту EN 1433.

Для класса В125 ширина бетонной обоймы составляет 80 мм, высота основания – 100 мм, класс бетона не ниже В25. При заливке бетонной обоймы предусматривают температурные швы перпендикулярно линии лотков.

Подошва обоймы должна опираться на дренирующий слой – основание из утрамбованной песчано-гравийной смеси. Толщина искусственного основания составляет 10 см.

На сформированное основание укладывается гидроизоляционный материал для исключения выхода воды из бетонной смеси при заливке основания. После этого устанавливается опалубка под заливку бетонной обоймы под лоток. Опалубка должна обладать прочностью, жесткостью и устойчивостью под воздействием монтажных нагрузок и нагрузок при бетонировании. Установленная опалубка не должна иметь отклонений от вертикали и горизонтали основания устанавливаемой линейки лотков. Перед укладкой бетонной смеси все пазухи и внутренние поверхности опалубки необходимо очистить от мусора и посторонних предметов. Только после этого нижняя часть бетонной обоймы заливается бетонной смесью.

Водоотводные лотки выстраивают по уровню, стыковка лотков происходит по пазогребневому соединению. После установки лотка следует проверить его положение по высотным отметкам с четырех сторон по верху уголка.

Перед заливкой боковых граней по бокам лотка устанавливают распорки. Далее производят заливку бетонной обоймы до уровня асфальта, при

этом бетонирование осуществляют слоями – каждый следующий слой укладывают до начала схватывания бетона в предыдущем уложенном слое.

Для ускорения набора прочности и сохранения свойств бетона, свежеложенный бетон укрывают пленкой до момента приобретения бетоном прочности не менее 70%. После достижения бетоном распалубочной прочности производят демонтаж опалубки. Стыки лотков промазывают герметиком. Перед герметизацией шва производят его прочистку щеточной машиной, продувку и просушку установками горячего воздуха. Просушка шва является обязательной операцией. Стенки шва обрабатывают грунтовкой, после чего заполняют камеру шва герметиком.

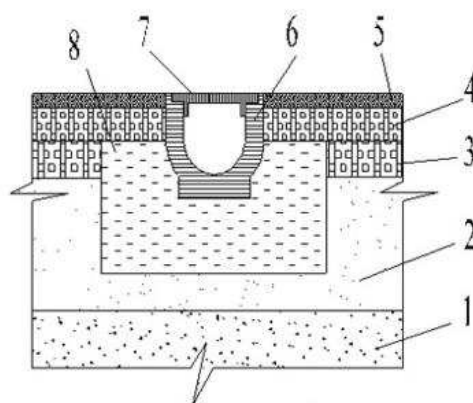


Рисунок 4.1 – Схема установки водоотводящего лотка

- 1 – грунт основания; 2 - подстилающий слой; 3 – крупнозернистый асфальт;  
4 - мелкозернистый асфальт; 5 – синтетическое покрытие; 6 – лоток; 7 - решетка;  
8 – бетонное основание

После монтажа уровень приемной решетки должен располагаться на 3-5 мм ниже уровня дорожной одежды.

Для обеспечения нормальной эксплуатации всей системы линейного водоотвода необходимо своевременно производить очистку системы от песка, листвы и остального мусора. Периодичность очистки определяется условиями эксплуатации [5].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт государственного природного заповедника «Столбы» – <http://zapovednik-stolby.ru/>.
2. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\* (с Поправкой).
3. Официальный сайт компании «Экологос» – <https://www.ecolos.ru/>.
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Дополнения к СП 32.13330.2012. – Москва: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. – 92 с.
5. Официальный сайт компании Gidrolica – <https://www.gidrolica.ru/>.
6. Приймак Л.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Водоотведение поверхностного стока с территории населенных пунктов и площадок промышленных предприятий: учебно-методическое пособие / сост.: Л.В. Приймак, О.Г.Дубровская. - Электрон. дан. – Красноярск. Сиб. федер. ун-т, 2015. – 44 с.
7. Гудков, А.Г. Механическая очистка сточных вод : учебное пособие / А.Г Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2003. – 156с.
8. Гудков, А.Г. Биологическая очистка сточных вод: учебное пособие / А.Г Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
9. Беликов, С. Е. Справочник. / под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240с.
10. Официальный сайт компании «Сварог» – <http://www.svarog-uv.ru/>.
11. Официальный сайт российского представителя компании Grundfos – <https://ru.grundfos.com/>.
12. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями № 1, 2).
13. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85\* (утв. Приказом Минрегиона РФ № 636/11 от 29.12.2011).

14. Водный кодекс Российской Федерации от 3.06.2006 г. №73-ФЗ (ред. 29.07.2017 г.).

15. О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах: Постановление Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2016 г. №913.

16. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства : приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. № 87.

17. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552.

18. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014).

19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 10.04.2003 г.).

20. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*(с Поправкой).

21. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85.

22. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменением №2).

23. Воронов, Ю. В. Водоотведение : учебн. пособие / Ю. В. Воронов, Е.В. Алексеев. – Москва : ИНФРА-М, 2012. – 414 с.

24. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебное

пособие / Ю. В. Воронов - Москва : АСВ, 2009. – 760 с.

25. Дубровская, О.Г. Эколого-экономические проблемы систем водоснабжения и водоотведения. Эколого-экономическая оценка воздействия на водные объекты: учебно-методическое пособие / сост.: О. Г. Дубровская, Л. В. Приймак, И. В. Андруняк. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 38 с.

26. Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды : учебное пособие / В.Ф. Кожинов – Москва, 2008. – 210-213 с.

27. Сидорова, Л.П. Методы очистки промышленных сточных вод : учебное электронное текстовое издание / Л.П. Сидорова – Екатеринбург, ФГАОУ ВПО УрФУ, 2012, 22-24 с.

28. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебн. пособие / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – Москва : АСВ, 2004. – 704 с.

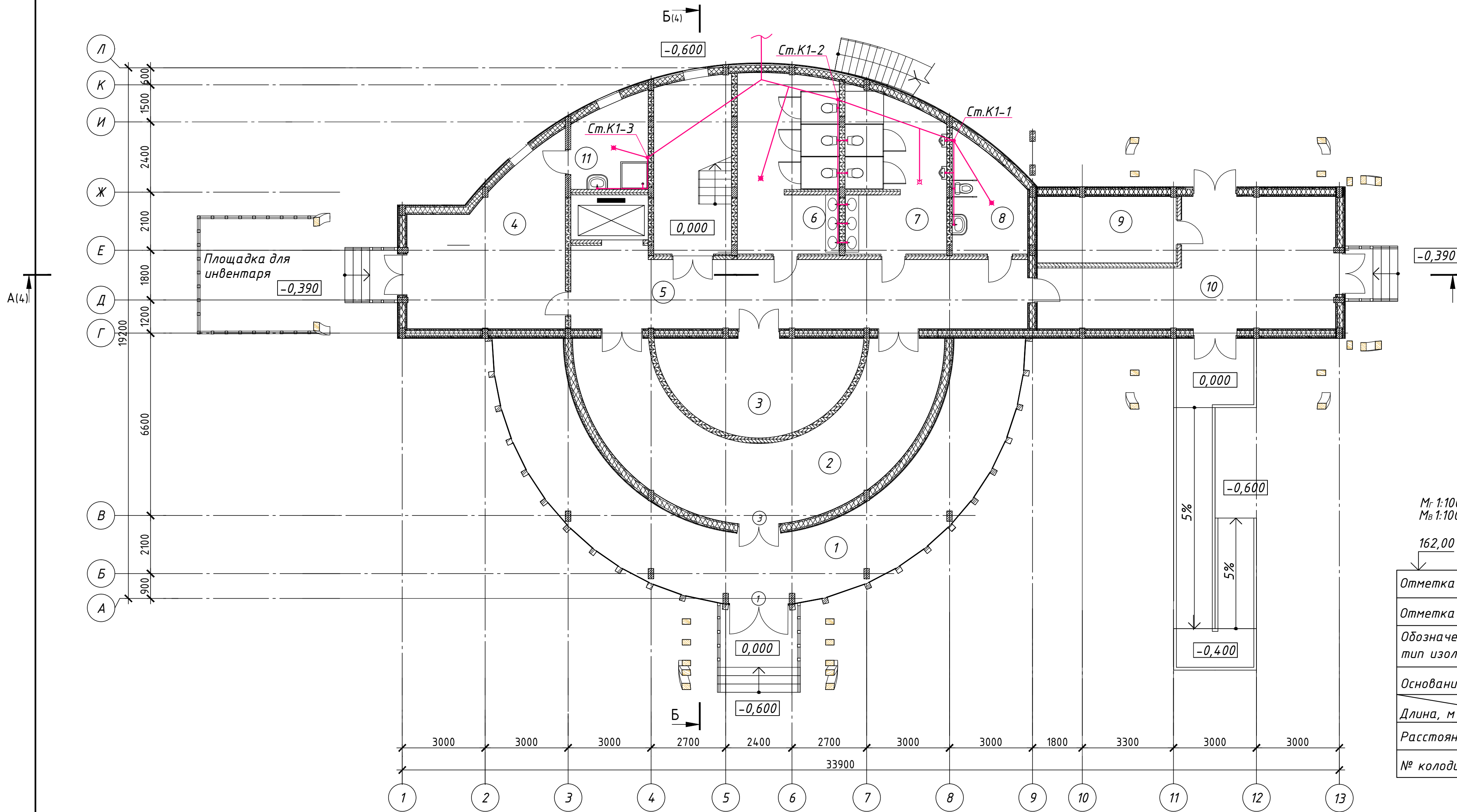
29. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебн. пособие / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва : АСВ, 2002. – 701 с.

30. Яковлев, С. В. Комплексное использование водных ресурсов : учебное пособие / С. В. Яковлев. – Москва: АСВ, 2005. – 384 с.

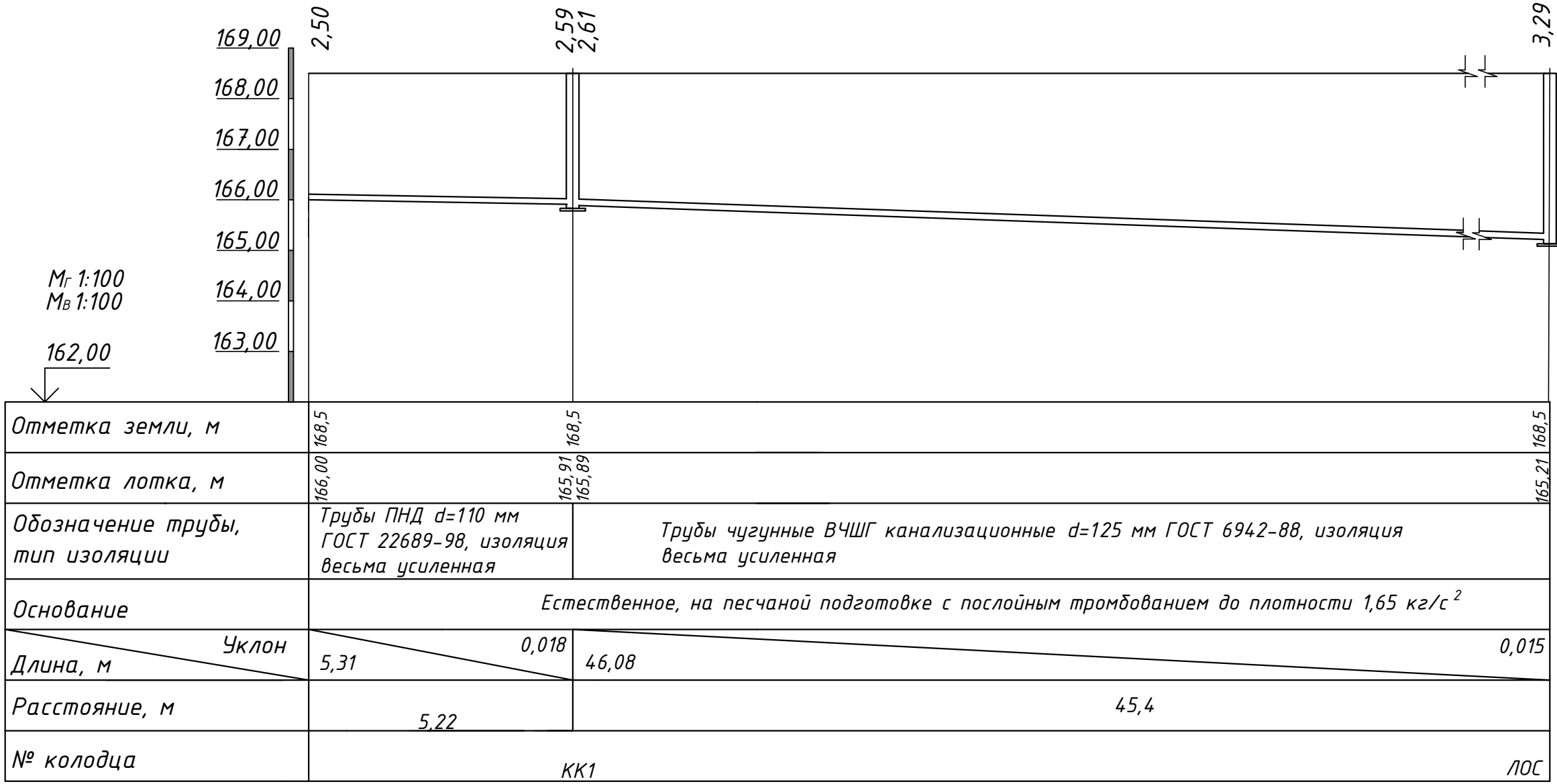
31. Официальный сайт компании Hidrolica – <https://www.gidrolica.ru/>.



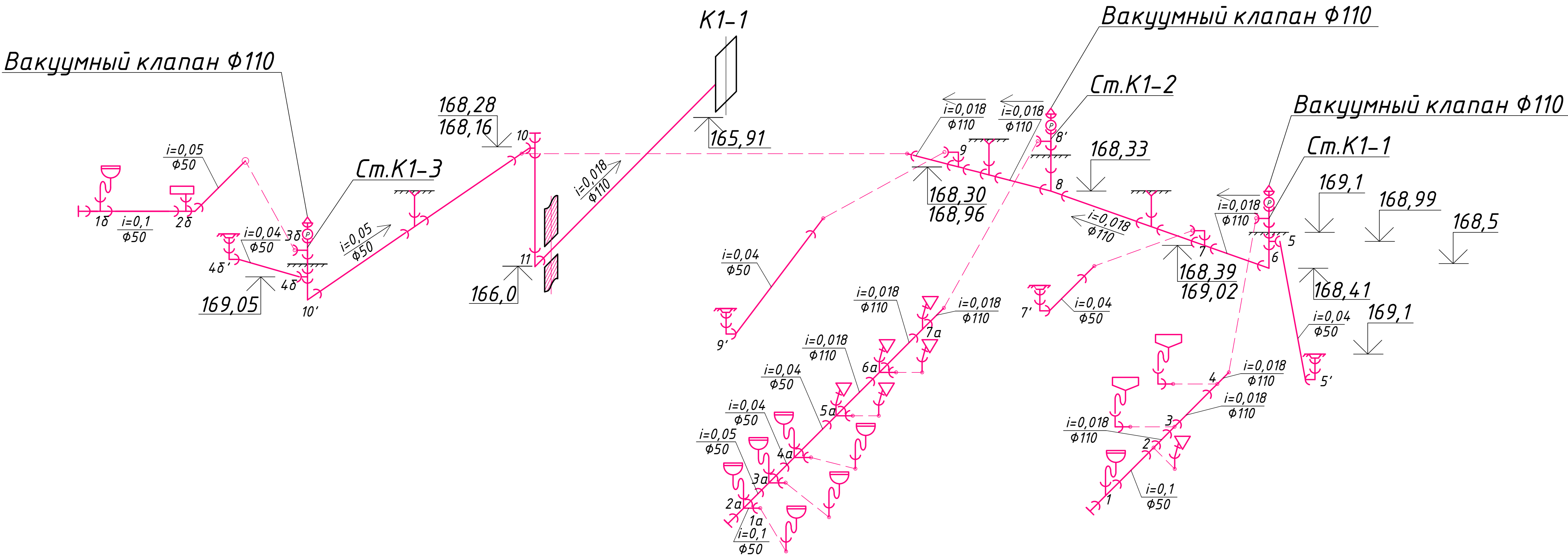
План 1-го этажа на отм. 0,000 М1:100



Продольный профиль наружной канализации



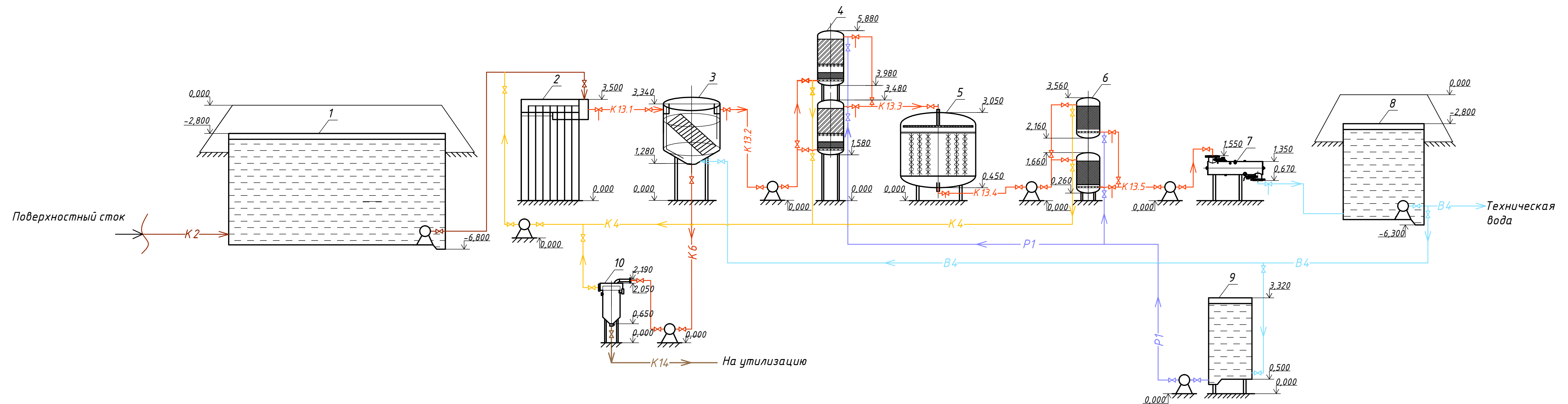
Аксонетрическая схема канализации (К1) М1:50



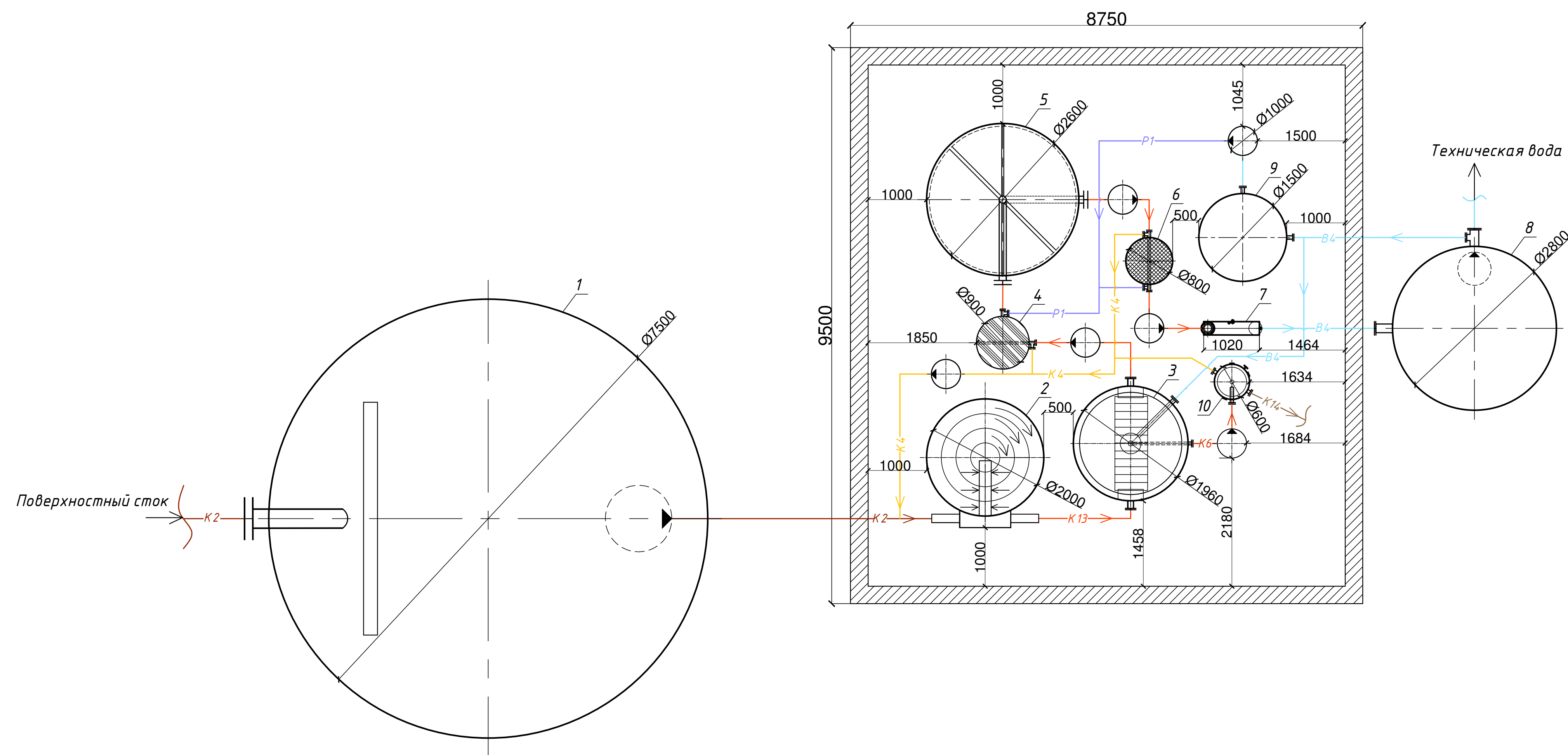
СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK									
Позиция	Наименование и техническая характеристика		Тип, марка, обозначение документа опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Коли- чество	Масса кг	Примечание
1	2		3	4	5	6	7	8	9
	К1								
1	Труба ПНД	φ50 750 мм			Экопласт	шт	2		
		φ50 2000 мм			Экопласт	шт	3		
		φ50 3000 мм			Экопласт	шт	7		
		φ110 1000 мм			Экопласт	шт	4		
		φ110 2000 мм			Экопласт	шт	10		
		φ110 3000 мм			Экопласт	шт	5		
2	Тройник ПНД	φ50 90 <sup>0</sup>			Полипластик	шт	7		
		φ110 90 <sup>0</sup>			Полипластик	шт	12		
3	Отвод ПНД	φ50 90 <sup>0</sup>			Полипластик	шт	8		
4		φ110 90 <sup>0</sup>			Полипластик	шт	6		
5		φ50 90 <sup>0</sup> /45 <sup>0</sup>			Полипластик	шт	1		
6	Ревизия ПНД	φ110/φ50			Полипластик	шт	1		
7	Переходник эксцентрический ПНД	φ110				шт	9		
	Санитарно-техническое оборудование								
8	Унитаз с высокой чашей 50 см в комплекте с поручнями для инвалидов					компл.	1		
9	Унитаз с косым выпуском(в комплекте арматура,сиденье)					компл.	5		
10	Умывальник с пьедесталом в комплекте					компл.	7		
	а) Сифон дутыльчатый					шт	1		
	б) Смеситель для умывальника					шт	1		
11	Писсуар подвесной					шт	2		
12	Умывальник хирургический с отверстием под смеситель					шт	1		
13	Мойка инвентарная					шт	1		
</									



*Принципиальная аппаратурно-технологическая схема системы водоотведения поверхностного стока с территории главной туристической тропы ( $Q=177,44 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) М 1:75*



### План локальной очистной станции М1:50



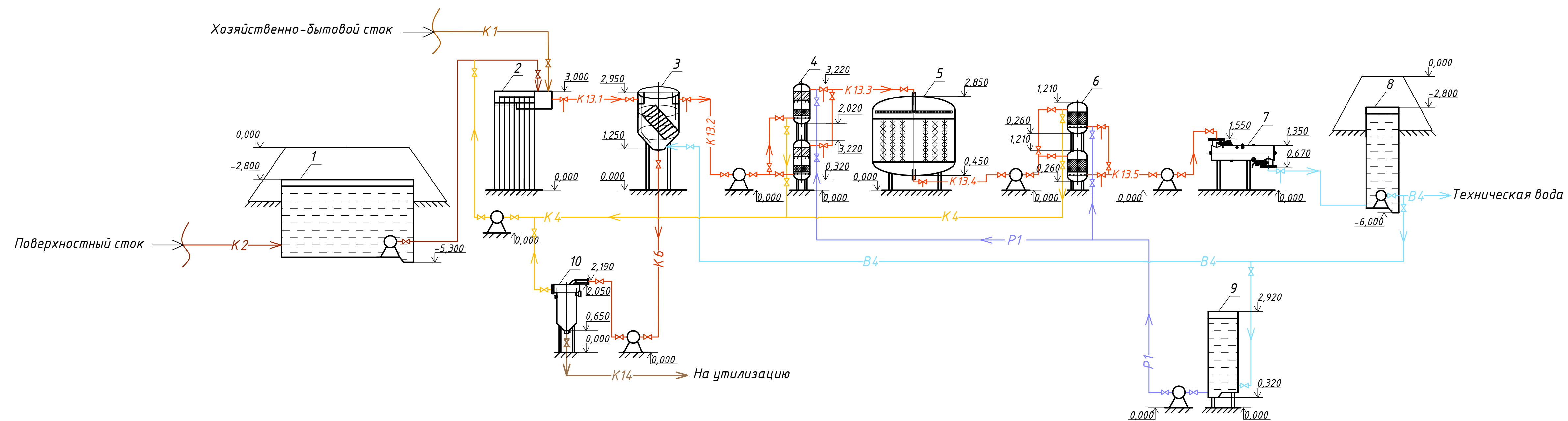
*Условные обозначения:*

- 1 – Аккумулялирующая емкость;
- 2 – Усреднитель;
- 3 – Вертикальный отстойник с ламинарным модулем;
- 4 – Сорбционный фильтр с двухслойной загрузкой;
- 5 – Биореактор с ершовой загрузкой;
- 6 – Сорбционный фильтр;
- 7 – Ультрафиолетовая установка с применением ультразвука "Лазурь М-3";
- 8 – Резервуар-накопитель;
- 9 – Резервуар промывной воды;
- 10 – Шламоуплотнитель.

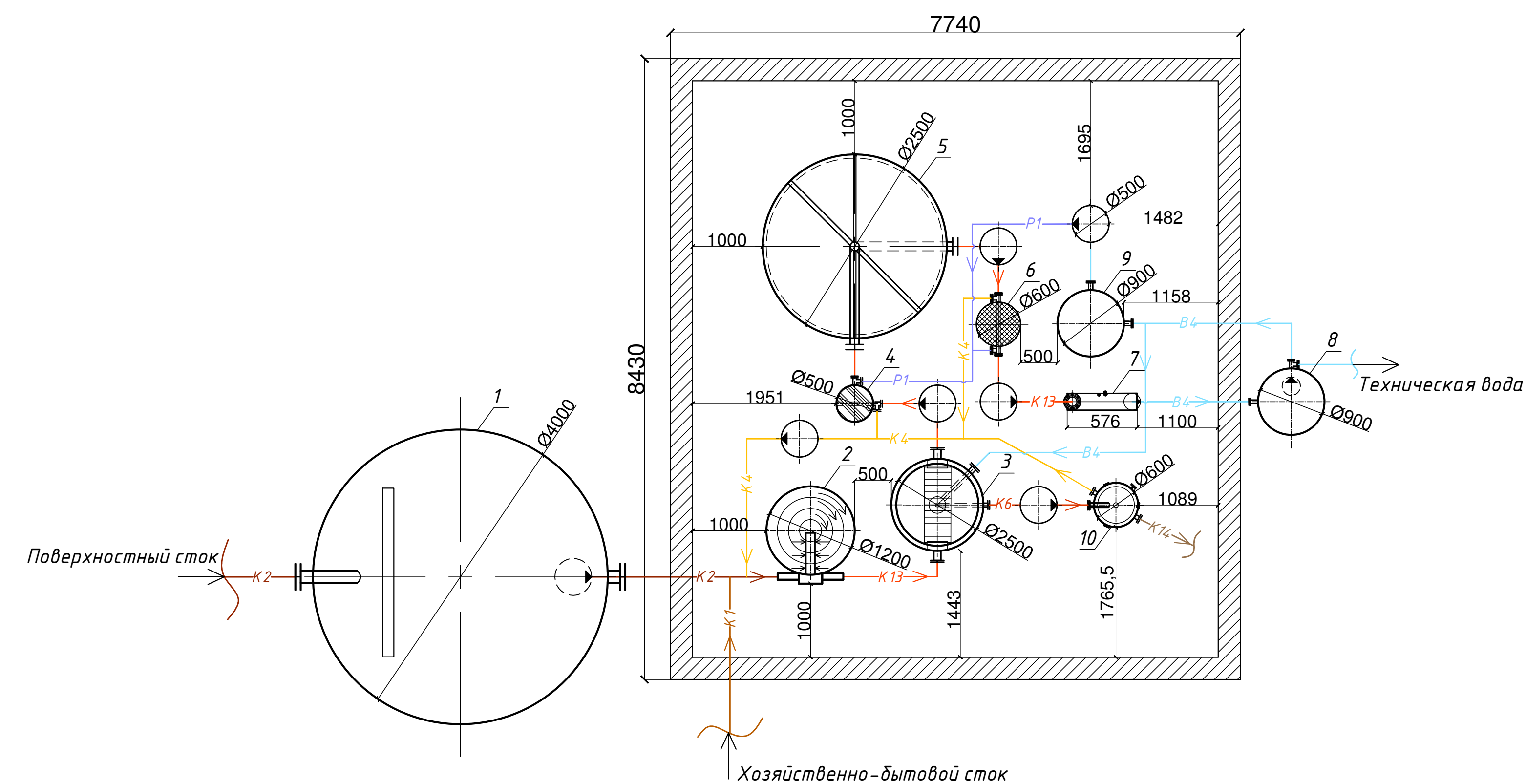
- K2— Трубопровод поверхностного стока;
- K4— Трубопровод грязной промывной воды;
- K6— Трубопровод шламосодержащих вод;
- K13— Трубопровод осветленной воды;
- K14— Трубопровод отвода обезвоженного осадка;
- B4— Трубопровод технической воды;
- P1— Трубопровод чистой промывной воды.

						<p align="center"><b>БР 08.03.01.06 – 2018</b></p> <p align="center"><b>Сибирский Федеральный Университет</b>  <b>Инженерно-строительный институт</b></p>		
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разраб.	Гуменко Е. Д.					Инженерно-техническое обеспечение туристско-рекреационной зоны заповедника "Саяны": Разучен систем водопользования	Стандия	Лист
Прав.	Саванкобаба К. А.					разработано: дополнен и подвергнуты изменениям водоканализационной зоны заповедника "Саяны"		
	Дубровская О. Г.						3	8
Н. контр.	Дубровская О. Г.					Принципиальная аппаратура – текмолгическая схема доводки пленки подержанности ска на территории главной туристической станции М 175, План доковой очистки станции М 150	Кафедра ИСЗиС	
Заб.каф.	Скажи Г. В.							

# Принципиальная аппаратурно-технологическая схема общесплавной системы водоотведения пос. Нарым ( $Q=49,61 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) М1:75



План локальной очистной станции М1:50



## Условные обозначения:

- 1 – Аккумулирующая емкость;
- 2 – Усреднитель;
- 3 – Вертикальный отстойник с ламинарным модулем;
- 4 – Сорбционный фильтр с двухслойной загрузкой;
- 5 – Биореактор с ершовой загрузкой;
- 6 – Сорбционный фильтр;
- 7 – Ультрафиолетовая установка с применением ультразвука "Лазурь М-3";
- 8 – Резервуар-накопитель;
- 9 – Резервуар промывной воды;
- 10 – Шламоуплотнитель.

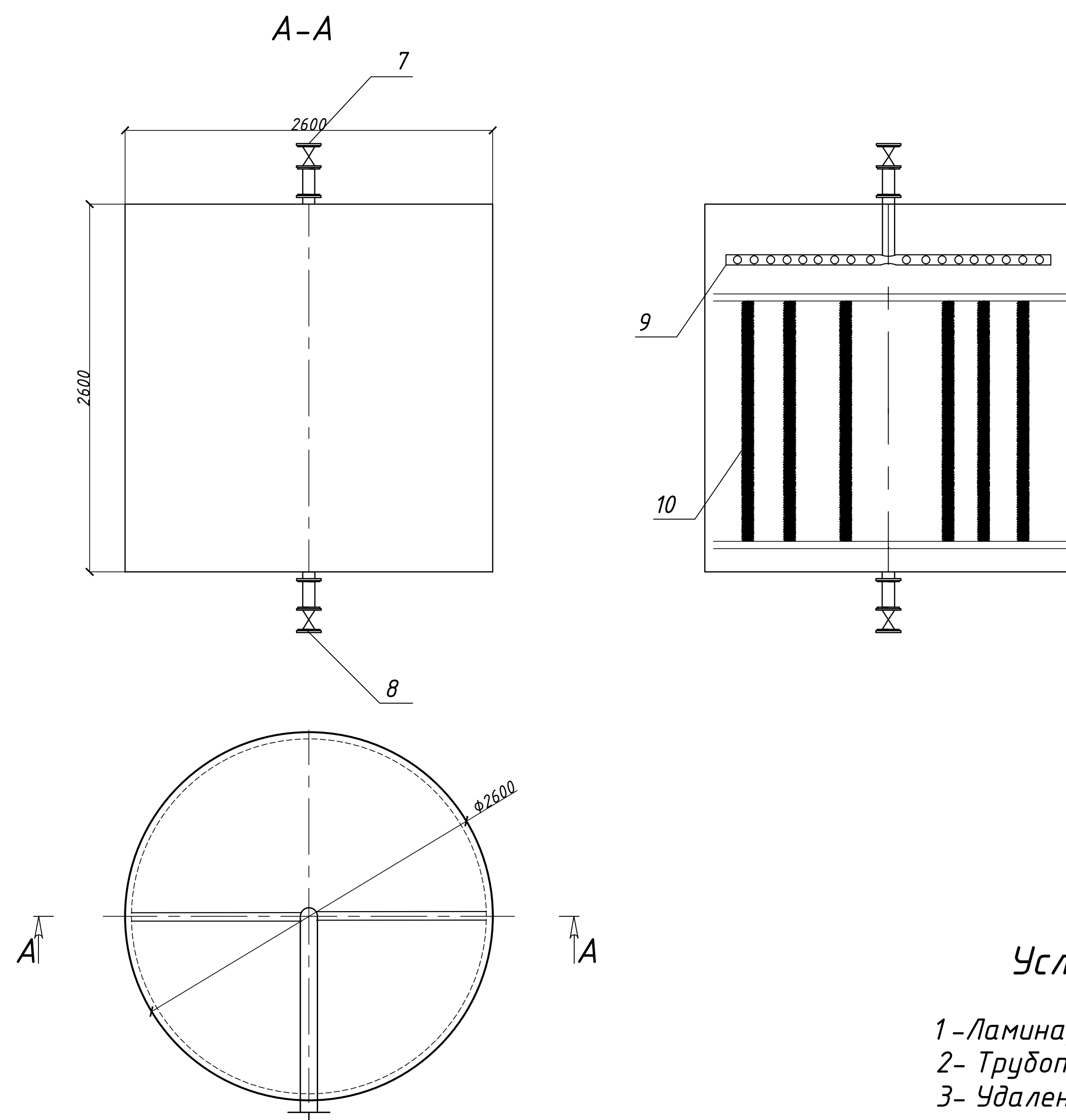
- K1 — Трубопровод хозяйственно-бытового стока;
- K2 — Трубопровод поверхностного стока;
- K4 — Трубопровод грязной промывной воды;
- K6 — Трубопровод шламодержащих вод;
- K13 — Трубопровод осветленной воды;
- K14 — Трубопровод отвода обезвоженного осадка;
- B4 — Трубопровод технической воды;
- P1 — Трубопровод чистой промывной воды.

						БР 08.03.01.06 – 2018		
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Инженерно-технические обязанности: проектирование, разработка, строительство, эксплуатация, ремонт, обслуживание объектов водоснабжения и водоотведения, включая объекты, связанные с водоснабжением и водоотведением.	Страница	Лист
Разраб.	Григорьев Е.В.						4	8
Проект.	Дубровская О.Г.							
Н.контр.	Дубровская О.Г.					Принципиальная аппаратурно-технологическая схема общесплавной системы водоотведения пос. Нарым М1:75.	Кафедра ИСЭиС	
Зав.каф.	Саваш Г.В.					План локальной очистной станции М1:50		

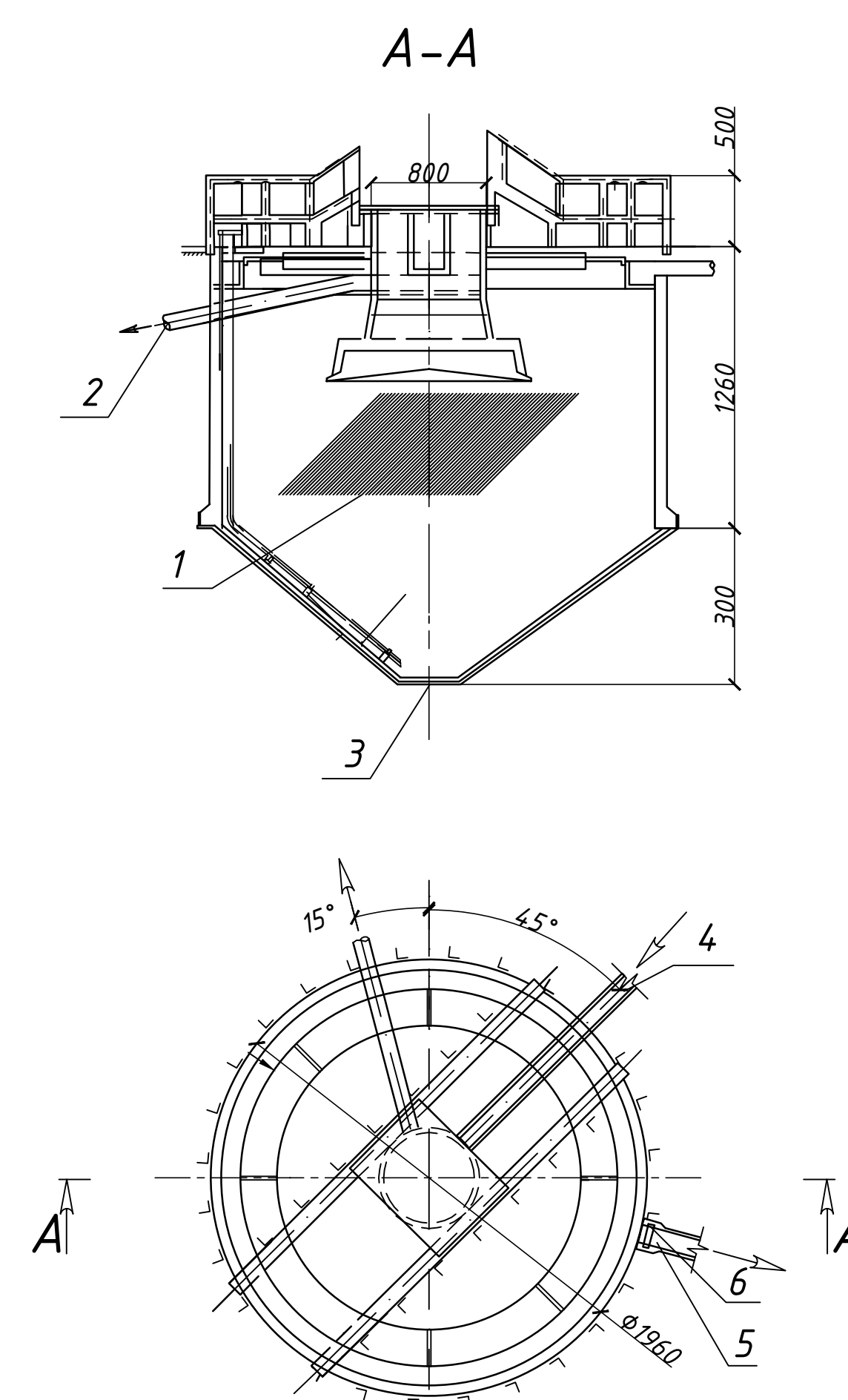


*Основные сооружения принципиальной аппаратурно-технологической схемы систем водоотведения*

## Биореактор с ершовой загрузкой М 1:25



Вертикальный отстойник с ламинарным модулем  
М1:25



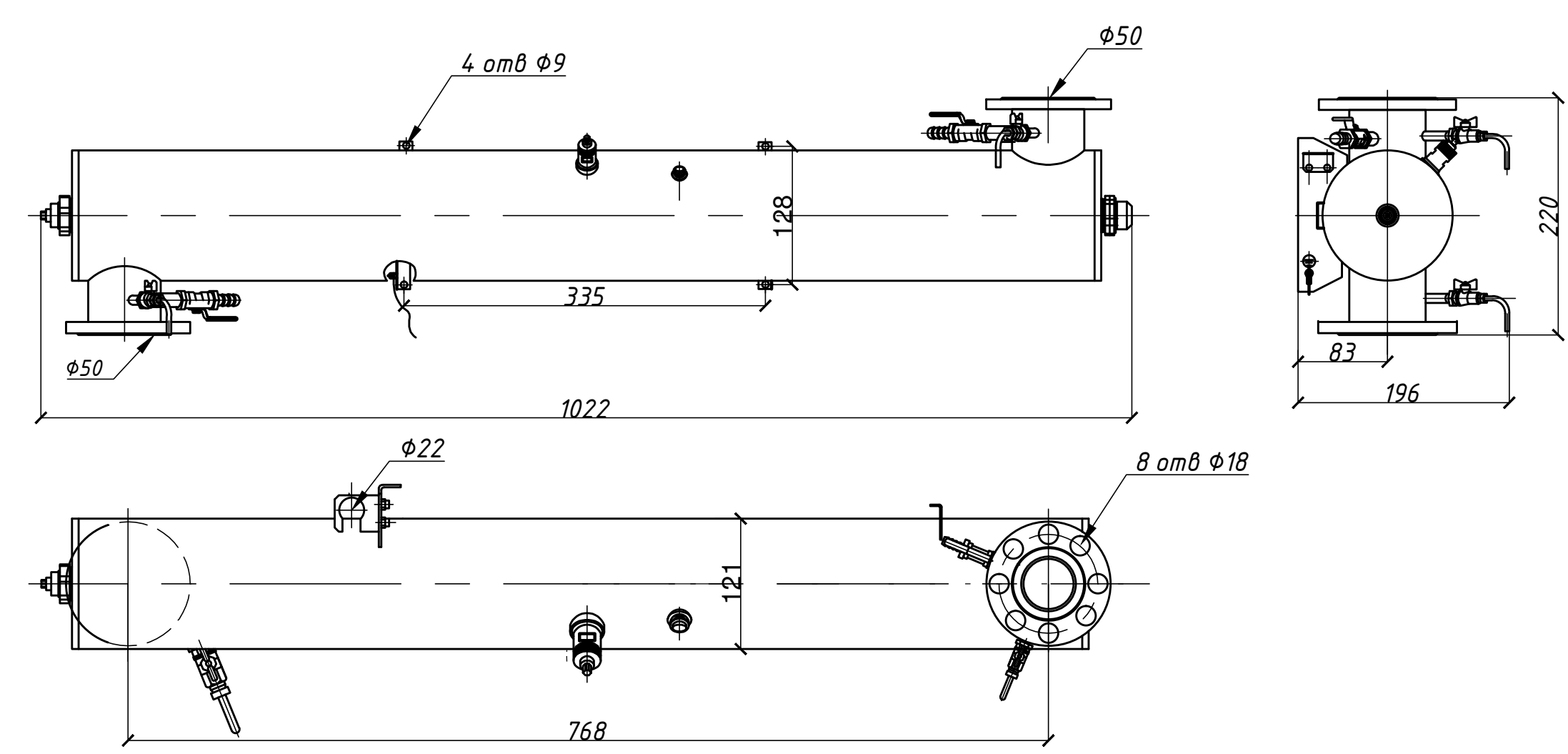
*Условные обозначения:*

- 1- Ламинарный модуль (40 пластин);
- 2- Трубопровод для удаления всплывающих веществ;
- 3- Удаление осадка;
- 4- Подводящий трубопровод;
- 5 - Отвод очищаемых сточных вод;
- 6- Затвор;
- 7- Подача очищаемых сточных вод;
- 8- Отвод очищаемых сточных вод;
- 9- Водораспределительная система;
- 10- Ершовая загрузка.

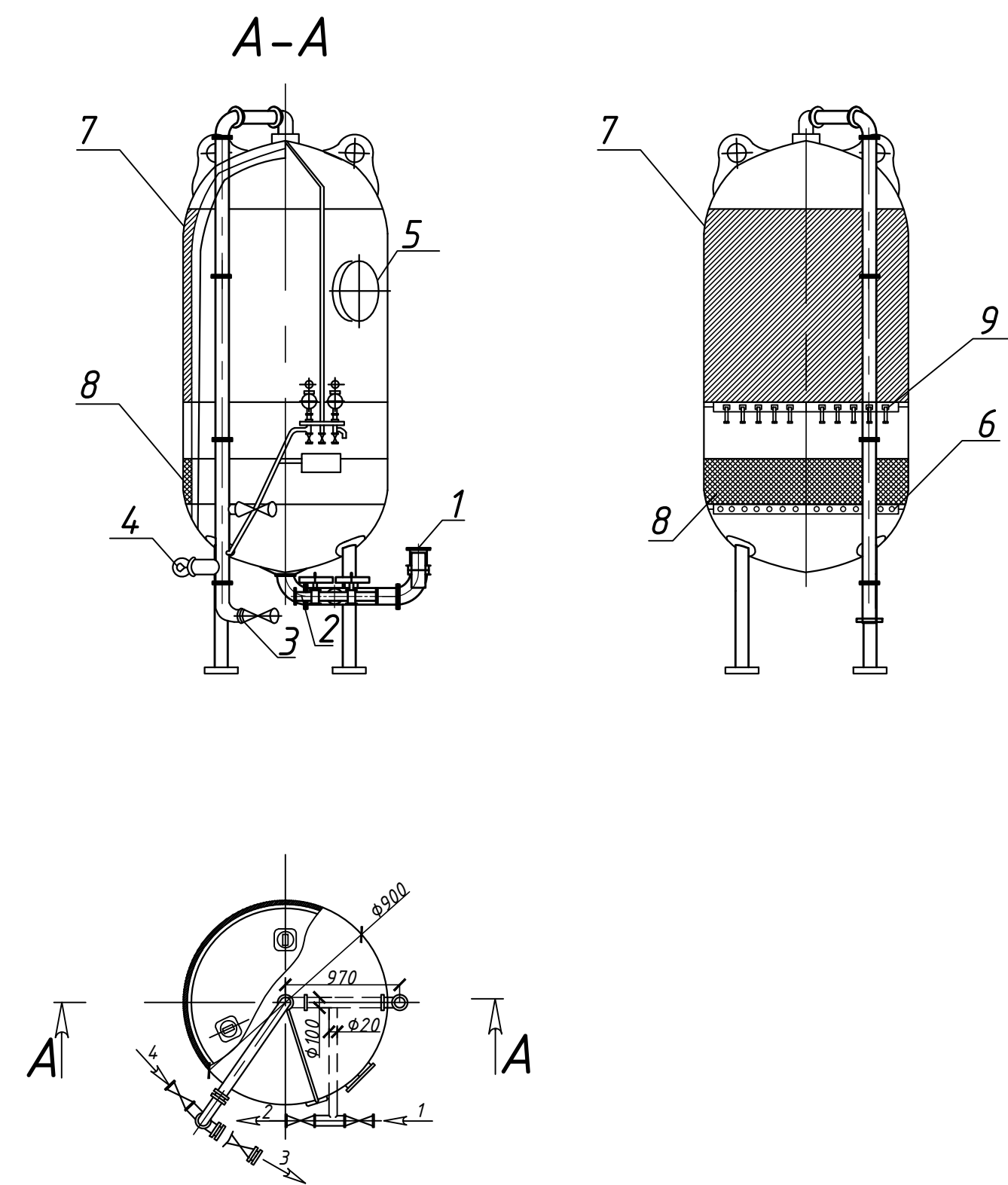
[illegible]

Основные сооружения принципиальной аппаратурно-технологической схемы систем водоотведения

Ультрафиолетовая установка с применением  
ультразвука "Лазурь М-5" М1:25



Сорбционный фильтр с двухслойной  
загрузкой М1:25



Условные обозначения:

- 1- Подача исходной сточной воды;
- 2- Отвод грязной промывной воды;
- 3- Выход очищенной воды;
- 4- Подвод промывной воды;
- 5- Круглый лаз;
- 6- Водораспределительная система;
- 7- Загрузка С-верад;
- 8- Загрузка Гидроантрацит-А;
- 9- Водораспределительная система.

						БР 08.03.01.06 - 2018		
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Инженерно-техническое обеспечение технологически-реперационной зоны защиты "Спальни" Расчет систем водоотведения хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод реперационной зоны защиты "Спальни".	Стандия	Листов
Разраб.			Гуменко Е.Д.					
Проб.			Дубровская О.Г.				6	8
И.контр.			Дубровская О.Г.				Кафедра ИСЭиС	
Вед.каф.			Саваш Г.В.			Основное сооружение принципиальной аппаратурно-технологической схемы систем водоотведения		

Эффективность очистки поверхностного стока с учетом рекомендуемого аппаратного оформления

№ п/п	Наименование показателя	ПДК для водоема рыб.-хоз. назначения	Вода, поступающая на очистку	Изменение концентрации загрязнений по стадиям очистки																Фактический суммарный эффект очистки, мг/дм³	Фактический суммарный эффект очистки, %				
				Вертикальный отстойник		Ламинарный модуль		Фильтр сорбционный двухслойный				Биофильтр		Блок доочистки		Блок обеззараживания									
								Гидроантрацит-А								С-веред		Кавитация				УФ- обеззараживание			
								ЭО, %	С <sub>к</sub> , мг/дм³	ЭО, %	С <sub>к</sub> , мг/дм³														ЭО, %
1	Взвешенные вещества	3,85	461	40	276,6	90	27,66	85	4,15							97	0,12			0,12	99,9				
2	Минерализация	1000	900																	900	-				
3	ХПК	15	15,6			70	4,68													4,68	70,0				
4	БПКполн	3	96			35	62,4			80	12,48	76	3,0							3,0	96,9				
5	Растворенный кислород	4	0,05																	0,05	-				
6	СПАВ	0,5	0,01																	0,01	-				
7	АПАВ	0,1	0,23			80	0,05													0,05	78,3				
8	Азот нитратный	9,1	2,5																	2,5	-				
9	Сульфаты	100	17,7																	17,7	-				
10	Фосфаты	0,2	7							80	1,4	86	0,2							0,2	97,1				
11	Нефтепродукты	0,05	32,14			30	22,49			99,8	0,045									0,045	99,8				
12	Железо общее	0,1	11,04											96,8	0,35	97	0,012			0,012	99,8				
13	Сероводород	0,5	0,02																	0,02	-				
14	Щелочность	6-9	7,2																	-	-				
15	Общие колиформные бактерии (ОКБ)	Отсутствие	5500													97	165	99,9	-	-	99,9				
16	Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	Отсутствие	Не обнаружено																	-	-				

*Эффективность очистки объединенного поверхностного и хозяйственно-бытового стока с учетом рекомендуемого аппаратурного оформления*

[illegible]

						<p align="center"><b>БР 08.03.01.06 – 2018</b></p> <p align="center"><b>Сибирский Федеральный Университет</b></p> <p align="center"><b>Инженерно-строительный институт</b></p>		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ фок.	Подп.	Дата			
<b>Разраб.</b>			Гунцова Е.Д.			<p><i>Инженерно-техническая оценка качества туристско-рекреационной зоны заповедника "Солыхи". Расчет систем добывающих, хозяйственно-бытовых и хозяйственно-питьевых вод в рекреационной зоне заповедника "Солыхи".</i></p>	<b>Страница</b>	<b>Листов</b>
			Сазанова К.А.				<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Праб.</b>			Дубровская О.Г.					
<b>На контр.</b>			Дубровская О.Г.			<p align="center"><b>Эффективность очистки объединенного поверхностного и хозяйственно-бытового стока с учетом рекомендованного аппаратного оформления</b></p>	<p align="center"><b>Кафедра ИЭиС</b></p>	
<b>З.б.п.</b>			Сакан Г.В.					



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г.В. Сакаш  
подпись инициалы, фамилия

« 11 » 06 20 18 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 Строительство

08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение

«Инженерно-техническое обеспечение  
туристско-рекреационной зоны заповедника «Столбы».  
Расчет систем водоотведения поверхностных сточных вод  
рекреационной зоны заповедника «Столбы»

Руководитель

  
подпись, дата

канд.техн.наук, доцент  
должность, ученая степень

О.Г. Дубровская  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Е.Д. Гуненко  
инициалы, фамилия

Красноярск 2018